**Monographien zur angewandten**

Beihefte zur

**Zeitschrift für angewandte Entomologie**

herausgegeben von Prof. Dr. K. Escherich-München.

**Nr. 8.**

**(Beiheft zu Band 12.)**

# Die innere Therapie der Pflanzen.

Von

**Dr. Adolf Müller,**

Frankfurt a. M.



---

**Mit einem Vorwort von Prof. Dr. F. Stellwaag,
Neustadt a. H.**



**Mit 29 Textabbildungen,
24 Tabellen und 3 graphischen Darstellungen.**

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
**Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.**
SW. Hedemannstr. 10 u. 11

**Zeitschrift für angewandte Entomologie**

Band 12, Beiheft.

# Vorwort.

Im 15. Jahrhundert schon hat Leonardo da Vinci mitgeteilt, daß man durch Einführen von Arsenik in den Stamm eines Obstbaumes dessen Früchte vergiften könne. Seitdem zogen solche Fragen zahlreiche Forscher aus verschiedenen Gebieten an. Der Chemiker suchte die Wirkung der Gifte auf das Protoplasma zu ergründen, der Botaniker beobachtete das Verhalten artfremder Stoffe zum lebenden Körper der Pflanze, der Zoologe ging den Erfolgen der Impfungen auf die Pflanzenparasiten nach, der angewandte Zoologe sah hier einen Weg zur Schädlingsbekämpfung. Fast in allen Kulturstaaten wurde Untersuchungen dieser Art Bedeutung beigemessen. So liegen heute zahlreiche Beiträge vor. Die meisten unter diesen bringen aber nur Einzelbeobachtungen, kleine oder größere Bausteine. Dem Verfasser der vorliegenden Arbeit gebührt das Verdienst, aus ihnen ein Gebäude errichtet zu haben. In ausgebreiteter Darstellung hat er die bisherigen Forschungsergebnisse prüfend zusammengefaßt und Ordnung in die Fülle der Beobachtungen gebracht. Darüber hinaus aber bietet er zahlreiche Versuche und eigne Beobachtungen auf der Grundlage sachverständiger Forschung.

Von der vorliegenden Schrift darf daher eine wesentliche Förderung unsrer Erkenntnisse erhofft werden. Für die zukünftige Forschung auf dem Gebiet der Pflanzentherapie wird sie grundlegend sein.

Neustadt a. d. H.
1. August 1926.

**Dr. Stellwaag.**

# Inhaltsverzeichnis.

# I. Einleitung.

Die großen Erfolge, die den Errungenschaften der modernen Medizin, so der Serumtherapie und der Chemotherapie, in der Abwehr und in der Heilung von Krankheiten beschieden waren, sowie auch die immer dringender werdende Forderung, unsere Kulturpflanzen mit allen zu Gebote stehenden Mitteln gegen Parasiten und Krankheiten zu schützen, haben Veranlassung dazu gegeben, zu prüfen, ob es nicht möglich sei, das bei Mensch und Tier mit so gutem Erfolg angewandte innere Heilverfahren in irgend einer Form, also den andersartigen Verhältnissen Rechnung tragend, dem Pflanzenschutz nutzbar zu machen. Bereits vor mehreren Jahren hatte ich mich mit jener Frage befaßt und kleine Versuche in dieser Richtung angestellt, deren Resultate es nicht unmöglich erscheinen ließen, Pflanzen gegen den Befall von tierischen Parasiten, wenigstens für kurze Zeit immun, d. h. die Pflanzen als Wirte für die verschiedensten Parasiten ungeeignet zu machen. Leider mußten damals infolge anderer Arbeiten jene Versuche abgebrochen werden, bis sich anfangs 1922 Gelegenheit zu neuen Untersuchungen bot. Bei dem damit verbundenen eingehenden Studium der Literatur konnte nun festgestellt werden, daß bereits eine ganze Reihe von Arbeiten, die sich mit dem inneren Heilverfahren befassen, vorliegen. Aber auch ungezählte Schriften sind vorhanden, die gewisse Abschnitte bzw. Einzelprobleme dieses so überaus interessanten Gebietes behandeln, wie überhaupt letzten Endes die meisten pflanzenphysiologischen Arbeiten mehr oder weniger mit demselben im Zusammenhang stehen.

Was nun die nachfolgenden Ausführungen betrifft, so schien es zunächst zweckmäßig, als Einführung eine möglichst lückenlose Übersicht über das ganze Gebiet der inneren Therapie der Pflanzen, d. h. soweit es bisher bearbeitet wurde, zu geben. Dementsprechend wurden zahlreiche einschlägige Arbeiten referiert, was, zumal die meisten derselben nur schwer erhältlich sind, vielen der Interessenten willkommen sein dürfte. An jenen referierenden Teil schließen sich alsdann die Beschreibungen der verschiedenen Versuche an, die u. a. vor allem Aufklärung über das Verhalten der Stoffe in bezug auf die Pflanzen geben sollen. In einem besonderen Kapitel wurde ferner die Möglichkeit der Anwendung der inneren Therapie bezw. des inneren Heilverfahrens in der Praxis unter Berücksichtigung der wichtigsten Versuchsergebnisse besprochen. Eine Übersicht über die

Wenn schon ich mich darauf beschränkt habe, nur auf die wichtigeren mit dem Problem im Zusammenhang stehenden Dinge einzugehen, so dürften sich hier trotzdem noch viele Lücken finden. Auch war es ausgeschlossen, die im Verlaufe der mannigfaltigen Untersuchungen auftauchenden Fragen näher zu behandeln, dieselben weiter zu verfolgen und schließlich zu klären. Ich bitte daher, meine Ausführungen lediglich als eine Anregung zur Weiterarbeit auf diesem für den Pflanzenschutz so außerordentlich wichtigen Gebiete aufzufassen.

Zu besonderem Dank bin ich verpflichtet der Roessler and Hasslacher Chemical Co., New-York, welche durch Herrn Voge, New-York, ausführliche Referate einer ganzen Anzahl amerikanischer und russischer Arbeiten zusammenstellen ließ, sowie auch der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt vorm. Roessler, Frankfurt am Main, woselbst ich meine Untersuchungen vornahm.

Weiterhin habe ich zu danken Herrn Andres für Übersetzungen, den Herren Dr. Pfleger und Dr. Gassner für Auskünfte in bezug auf chemische Fragen und den Herren Dr. Pfleger und Dr. Heerdt für die Überlassung ihrer Gärten für Versuchszwecke. Fräulein Kühnle sei für ihre Hilfe im Laboratorium ebenfalls gedankt.

---

# II. Übersicht über die bisher angestellten Versuche zur inneren Therapie der Pflanzen und über solche, die mit dem Problem in näherem Zusammenhang stehen.

Die zahlreichen von den verschiedensten Forschern vorgenommenen Versuche zu einer inneren Therapie der Pflanzen lassen sich zweckmäßigerweise in zwei Gruppen einteilen, und zwar in spezielle Versuche und in praktische Versuche zur Bekämpfung von Parasiten und Krankheiten der Pflanzen. Über diese beiden Arten von Versuchen wird im Nachstehenden eingehend berichtet werden. Weiterhin wurde ein Kapitel den Arbeiten und Versuchen gewidmet, die ein anderes Gebiet als den Pflanzenschutz betreffen; es handelt sich hierbei um die Holzimprägnierung und die Farbholzfabrikation unter Verwendung lebender Bäume. Diese Versuche erfordern nämlich die gleichen Vorbedingungen, wie sie zum Gelingen einer inneren Therapie der Pflanzen unerläßlich sind.

## A. Spezielle Versuche.

Die hier zu beschreibenden, zahlreichen Versuche werden eingeteilt in solche, die uns über die Methoden unterrichten, deren man sich bei

die Aufschluß über die Art der Ausbreitung der verschiedenen Stoffe in den Pflanzen geben sollen; hierzu gehören u. a. auch die Beobachtungen, die man in bezug auf die Aufnahmegeschwindigkeit gemacht hat. Letzten Endes sind hier auch die Versuche zwecks Feststellung der Wirkung der verschiedenen Stoffe auf die Pflanzen zu besprechen.

### a) Angewandte Methoden zur Einführung von Stoffen in die Pflanzen.

Über die Methoden, die von den verschiedenen Versuchsanstellern anläßlich der Vornahme ihrer Versuche, den Pflanzen Stoffe einzuverleiben [1]), angewandt wurden, sind wir gut unterrichtet. Nach allem, was bisher bekannt wurde, können wir, wenn wir die Art der angewandten Stoffe, die zur Aufnahme derselben gewählten Organe der Pflanzen usw. in Berücksichtigung ziehen, verschiedene Methoden unterscheiden. Die Einteilung geschieht hier am besten wie folgt:

1. Absorption von Flüssigkeiten durch die Pflanzen.
   a) Absorption durch die Wurzel.
   b) Absorption durch den Stamm.
      1. Absorption ohne Berücksichtigung des durch die Transpiration hervorgerufenen negativen Druckes.
      2. Absorption nach der Shewirjeffschen Methode, bei welcher der durch die Transpiration in den Pflanzen hervorgerufene negative Druck in Berücksichtigung gezogen wird.
      3. Die Reimannsche Methode.
2. Einführung fester, in den Säften der Pflanzen löslicher Stoffe in die Pflanzen.
3. Durchtränkung des Bodens mit Stoffen zwecks Aufnahme derselben durch die intakte Wurzel.
4. Absorption von Stoffen durch die intakten Blätter.

#### 1. Absorption von Flüssigkeiten durch die Pflanzen.

Die Anwendung von Flüssigkeiten versprach in allen Fällen, wo es galt, Pflanzen mit irgend einem Stoff zu durchtränken, zu imprägnieren usw., am ersten einen Erfolg, und so kommt es, daß sich eine ganze Reihe von Versuchsanstellern flüssiger Stoffe, so z. B. wässeriger Lösungen von Chemikalien, bedient haben.

Die beiden hier angewandten Methoden, das Aufsaugenlassen der Stoffe durch die Wurzel und durch den Stamm, waren den anatomisch-physiologischen Verhältnissen der Pflanzen entsprechend durchaus das Gegebene.

---

[1]) Die des öfteren in der Literatur wiederkehrenden Bezeichnungen „Injektion", „Impfung" u. a. m. sind in vielen Fällen nicht zutreffend. Richtiger ist es, von einer Absorption bezw. Aufnahme von Flüssigkeiten durch die Pflanzen oder einer Einführung fester,

*a) Absorption durch die Wurzel.*

Von den Versuchen, bei welchen die Stoffe den Pflanzen durch die Wurzel zugeführt wurden, sind zunächst die von Gaunersdorfer (1887) zu erwähnen. Dieser hat kleine Koniferen behandelt, indem er diese die Flüssigkeiten durch die (intakten?) Wurzeln absorbieren ließ. Auch Kraus (1893) hat Versuche angestellt, bei welchen er Ahornbäumen und Roßkastanien Lösungen von indigoschwefelsaurem Natron und Eisenchlorid durch die Wurzel zuführte. Er verfuhr dabei in der Weise, daß er jeweils eine Wurzel bloßlegte und absägte. Der Wurzelstumpf wurde alsdann in das die Lösung enthaltende Gefäß eingeführt, und zwar so tief, daß er etwa 20 cm in die Flüssigkeit eintauchte. Schmidt hat, wie Tschermak (1896) mitteilt, die gleichen Versuche an Waldbäumen angestellt. Tschermak (1896), der seine Anregungen von Kraus empfing, verfuhr bei seinen Versuchen zum Teil in der gleichen Weise, verwandte aber eine größere Anzahl von Stoffen (in Wasser gelöste Farbstoffe und in Wasser gelöste Salze) und experimentierte mit verschiedenen Pflanzen, darunter auch Koniferen. Goff (1897) beschreibt einen Apparat, der Wasser in die (intakten?) Wurzeln neueingepflanzter Pflanzen einführt. Die Wirkung wird als günstig geschildert. Ferner wandte auch Berlese (1901) die „Wurzelmethode" an; er benutzte aber zu diesem Zweck ein Glasrohr, das, nachdem es mit einer Wurzel in Verbindung gebracht war, mit der vom Baume aufzunehmenden Lösung angefüllt wurde.

*b) Absorption durch den Stamm.*

Die Methode, Pflanzen bezw. Bäumen Flüssigkeiten durch den Stamm zuzuführen, ist, wie bereits mitgeteilt, fast von allen Versuchsanstellern angewandt worden. Sie besteht im wesentlichen darin, daß man den Stamm mittels eines Bohrers anbohrt. Durch das Bohrloch werden dem Baume alsdann die Flüssigkeiten mit Hilfe mehr oder weniger komplizierter Apparate zugeführt. Man ging hierbei in verschiedener Weise vor. So legte, wie auch andere Forscher, Shewirjeff (1894) bei seinen Versuchen besonderen Wert darauf, daß vor und bei der Aufnahme der Flüssigkeit durch das Bohrloch keine Luft in die Pflanze eindrang; andere Versuchsansteller haben wiederum jenen Faktor unberücksichtigt gelassen. Shewirjeff (1894) bezeichnet die letztere Methode, bei welcher das Bohrloch mit der Luft in Berührung kommt, im Gegensatz zu der von ihm angewandten „nassen Methode" als „trockene Methode". Die „trockene Methode" ist also nicht mit der Einführung fester, wasserlöslicher Substanzen in die Pflanzen zu verwechseln.

*1. Absorption ohne Berücksichtigung des durch die Transpiration in den Pflanzen hervorgerufenen negativen Druckes.*

Was die Methodik betrifft, so ist diese weniger kompliziert. So hat Kraus (1893) die Behandlung von Bäumen auf eine sehr einfache Weise

bewerkstelligt, indem er in den Stamm junger Bäumchen Trichter einsetzte, die dann mit der Flüssigkeit gefüllt wurden. Diese Methode sei kurz als „Trichtermethode" bezeichnet. Tschermak (1896) benutzte zur Einführung von Lösungen in den Stamm Trichter mit umgebogenen Enden. Er bohrte die Stämme in einer Höhe von 1 bis 1,5 m über dem Boden an. Die Bohrlöcher selbst hatten einen Durchmesser von 5 bis 9 mm und eine Tiefe von 2 bis 4 cm. In diese Löcher wurden die Trichter eingesetzt. Die Abdichtung geschah mit Baumwachs. Schmidt wiederholte die gleichen Versuche an Waldbäumen. Goppelsroeder (1889) wiederum machte Einschnitte in die Stämme und ließ durch diese die Flüssigkeiten eindringen; Näheres darüber, wie die Lösungen an jenen Stellen festgehalten wurden, konnte ich nicht in Erfahrung bringen. Hartig bohrte kreuzweise zwei Löcher durch den Stamm und führte in diese eine gefärbte Lösung ein. Auch hier fehlen nähere Angaben. Roth (1896) wandte folgende Methode an: Ungefähr 5 cm über der Endigungsstelle der Hauptwurzel oder ihrer Andeutung oder auch in diese selbst, wenn sie stark genug war, wurde in der Richtung auf die cylindrische Mittelachse und in einer Winkelneigung von etwa 45° mittels eines gewöhnlichen Holzbohrers ein Loch in den Stamm (10—20jähriger Apfel- oder Birnbäume) gebohrt. Je nach der Stärke des letzteren betrug der Durchmesser der Höhlung 1—2½ cm und die Länge ungefähr ⅔ des Querdurchmessers des Stammes. Das Bohrloch wurde bis zur Kambiumschicht der gegenüberliegenden Seite geführt. Um dem Baum die ihm einzuverleibende Flüssigkeit zuzuführen, wurde zunächst ein einfaches, gerades und möglichst weites Glasrohr oder ein aus einem anderen chemisch passiv sich verhaltenden Material (z. B. aus innen emaillierten Eisen) hergestelltes Rohr von 10—12 cm Länge ca. 2 cm tief in das Bohrloch eingeführt. Die Abdichtung geschah mit Cement. Hierauf wurde das Rohrende mit einem dasselbe fest umschließenden Gummischlauch luftdicht verbunden. Nunmehr wurde das ganze System (Bohrloch, Glasrohr und Schlauch) mit Hilfe eines in einer Hohlnadel oder einer anderen feinen Spitze endenden kleinen Spritzinstrumentes mit der einzuführenden Lösung bis zum obersten Ende des Gummischlauches total angefüllt, so daß in der gesamten Leitung keine Spur mehr von Luft zurückblieb. Darauf wurde das Ende des Schlauches in das bereitstehende, die Flüssigkeit enthaltende Gefäß eingetaucht und in dieser Lage fixiert. Das Vorratsgefäß wurde bisweilen auch erhöht angebracht (vgl. Abb. 1).

*2. Absorption nach der Shewirjeff'schen Methode, bei welcher der durch die Transpiration in den Pflanzen hervorgerufene negative Druck in Berücksichtigung gezogen wird.*

Wie schon erwähnt, wird bei der von Shewirjeff (1894, 1903) vorgeschlagenen Methode, deren sich auch andere, so Mokrzecki (1893,

1902—03), Pachassky (1903) und Rumbold (1913—1915) bedienten, ein besonderer Wert darauf gelegt, daß bei der Behandlung der Pflanzen keine Luft in die Bohrlöcher bzw. in die Gefäße eindrang.

Shewirjeff[1]) (1894, 1903) macht hierüber folgende Angaben: „Die primäre Ursache der Aufnahme von Flüssigkeiten durch die Gefäße der Pflanzen ist nicht die Transpiration, sondern das Ergebnis der Transpiration, d. h. die dadurch hervorgerufene negative Spannung der Gase in den Gefäßen. Wenn nämlich die Gefäße in der Luft aufgeschnitten werden, so tritt zuerst Luft in dieselben ein, wenn diese aber unter Wasser aufgeschnitten werden, so wird das Wasser vor der Luft eindringen. Hartig

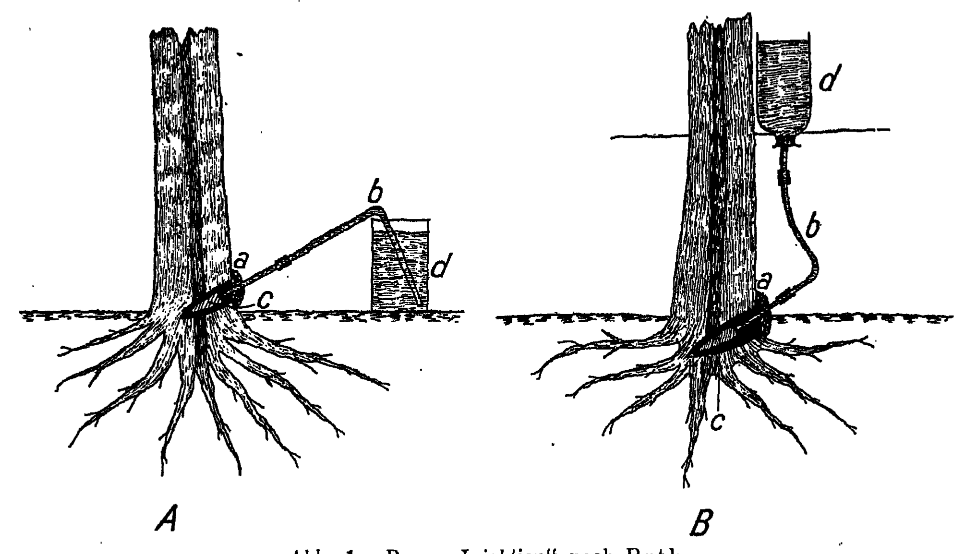



Abb. 1. Baum-„Injektion" nach Roth.
A mit am Boden stehendem Flüssigkeitsbehälter. B mit erhöht angebrachtem Behälter.
a = Abdichtung des Zuführungsrohres. b = Zuleitung (Gummischlauch oder Glasrohr).
c = Bohrloch. d = Behälter für die zu absorbierende Flüssigkeit (Nährlösung).

z. B. machte nun die Einschnitte in den Baum in der Luft; dadurch, daß die negative Spannung der Gase in diesen Gefäßen sowohl oberhalb als auch unterhalb der Schnittstellen vorhanden ist, verstopft die Luft, welche die Gefäße sofort nach dem erfolgten Einschnitt erfüllt, die Gefäße sowohl oberhalb als auch unterhalb des Einschnittes, außerdem aber auch die ihnen zunächst gelegenen, unverletzt gebliebenen Gefäße, die mit den verletzten in Ver-

[1]) Die nachfolgend eingehender referierten Arbeiten von Shewirjeff lagen mir, ebenso wie auch andere Schriften, nicht im Original vor. Ich stützte mich hier vielmehr auf die ausführlichen in englischer Sprache verfaßten Referate des Herrn Voge, New York. Sollte sich daher gelegentlich herausstellen, daß mir dieser oder jener Fehler unterlaufen ist, so bitte ich dies in Berücksichtigung zu ziehen. Bemerken möchte ich nur, daß beispielsweise die Shewirjeffschen Schriften vom Russischen zunächst ins Englische und dann erst ins Deutsche übersetzt wurden.

bindung stehen. Hierauf erst kommen die angeschnittenen Gefäße mit der aufzunehmenden Flüssigkeit in Berührung, die in die von Hartig angelegten, kreuzweise angeordneten Kanäle eingeführt wurde. Die Flüssigkeit wird alsdann durch die angeschnittenen Gefäße emporgehoben, da die Transpiration in den letzteren eine negative Spannung von Gasen erzeugt. In die benachbarten Gefäße jedoch konnte die Flüssigkeit nicht eindringen, da die Verbindung mit denselben durch die Luft abgeschnitten war. Auf diese Weise kam es, daß sich als das Ergebnis der Behandlung bei allen Schnitten über den Kanälen ein gefärbtes Kreuz zeigte". Ferner konnten nach Shewirjeff die gefärbten Lösungen nicht in die unterhalb der Bohrlöcher gelegenen Gefäße eindringen, da auch hier die Luft eingetreten war. Da sie zudem durch die Bohrkanäle isoliert waren, wurden sie nicht von der Kraft der Transpiration der Blätter beeinflußt, so daß auch ein späteres Eindringen unterblieb. Er schließt daraus, daß, wenn die Gefäße eines lebenden Baumes so angeschnitten werden, daß man den Zutritt der Luft verhindert, sich die oberen und unteren Gefäße (bei gleicher negativer Spannung in beiden) mit der vom Baum aufzunehmenden Lösung anfüllen, ebenso wie auch die benachbarten Gefäße, welche derselben negativen Spannung ausgesetzt sind. Nach Shewirjeff gelingt es auf diese Weise, lebendes Holz besser zu durchtränken, als dies bei der Hartigschen Methode der Fall ist. Es ist übrigens von der größten Wichtigkeit, daß die aufzunehmenden Flüssigkeiten nicht nur in die höher gelegenen Teile der Pflanze, sondern auch in die Wurzeln eindringen. Shewirjeff hat übrigens durch entsprechende Versuche seine Annahme selbst bestätigen können (siehe S. 27).

Was die Apparatur betrifft, so hat Shewirjeff bei seinen Versuchen Röhren („Ernährungsröhren") benutzt, deren Ränder an einem Ende geschärft, am anderen Ende stumpf waren; in diesen Röhren befand sich ein Schraubengewinde. Auf der Außenseite, an dem geschärften Ende, waren an den Röhren eingeschnittene Einteilungen angebracht, die die Tiefe der Einführung anzeigten. Ferner waren an den „Ernährungsröhren" oben und seitlich je ein Supplementrohr angelötet; das seitliche Rohr war zum Einlassen, das obere Rohr zum Ablassen der Flüssigkeit bestimmt. Der zur Herstellung der Aufnahmestellen benutzte Stahlbohrer war gegen die Wandung der „Ernährungsröhren" durch einen Gummistopfen abgedichtet. Der in die „Ernährungsröhren" einzuführende Teil des Bohrers war ebenfalls graduiert, damit man auch hier die Tiefe der Einführung ablesen konnte; das außen gelegene Ende hatte einen quadratischen Querschnitt, so daß ein eiserner Griff, der mit einer entsprechenden Aushöhlung versehen war, während der Arbeit auf den Bohrer aufgesetzt werden konnte. Die Länge des eigentlichen Bohrers betrug $^2/_3$ der Länge des „Ernährungsrohres". Nachdem das letztere in die Rinde getrieben war, wurde der Bohrer eingesetzt und der Gummistopfen gut eingepaßt. Das Seitenrohr

wurde mit der Nährflasche, die an einem etwas höher gelegenen Ast aufgehängt war, durch einen Schlauch verbunden. Die Nährflüssigkeit erfüllte alsdann den Apparat, und sobald sie in dem oberen Rohr (zum Ablassen der Flüssigkeit) erschien, wurde dieses bzw. der hier angeschlossene Gummischlauch mit einem Quetschhahn geschlossen. Alsdann wurde der Griff auf den Bohrer aufgesetzt und bis zu der gewünschten Tiefe gebohrt. Die Flüssigkeit drang sofort dem Bohrer nach. War die gewünschte Tiefe erreicht, so wurde der Bohrer in entgegengesetzter Richtung wieder herausgedreht. Shewirjeff berichtet ferner, daß man zwei, drei, vier und noch mehr Apparate („Ernährungsrohre“) an einem Stamm anbringen kann, die im übrigen durch eine einzige Flasche gespeist werden können. Letzteres geschieht in der Weise, daß man das nach oben gerichtete Ansatzrohr des ersten Apparates mit dem seitlichen Ansatzrohr des zweiten Apparates und das obere desselben mit dem seitlichen Rohr des dritten Apparates usw. verbindet. Die hauptsächlichsten Vorteile der Anwendung von „Ernährungsröhren“ sind nach Shewirjeff folgende:

1. Sie gestatten zu jeder Zeit die Berechnung der Menge der absorbierten Flüssigkeit und somit auch die Feststellung des Quantums der darin enthaltenen Stoffe.
2. Der äußere Abschnitt der Röhren kann mit einem Manometer in Verbindung gebracht werden, wodurch der Druck, der sich je nach der Jahreszeit, Wetter und Tageszeit ändert, bestimmt werden kann.
3. Es gelingt auf diese Weise, Lösungen in unverändertem Zustand d. h. ohne daß irgend welche fremden Bestandteile, wie Schmutz usw. in dieselben gelangen können, einzuführen, während dies bei einer anderen, noch zu beschreibenden Methode (bei Anwendung einer nestartig am Baum anzubringenden Mulde) leicht stattfinden kann.

Shewirjeff empfiehlt die Anwendung von „Ernährungsröhren“ bei Bäumen, die frisches Holz oder wenigstens eine dicke Lage davon um das Kernholz aufweisen. Ist ersteres nur in einer dünnen Lage vorhanden, wie z. B. bei alten Eichen oder Rebstöcken, so wird es von dem Rohr vollständig durchgeschnitten und der Ernährungskanal befindet sich alsdann in dem toten Kernholz, welches bekanntlich unfähig ist, irgendwelche Flüssigkeit zu absorbieren. „Ernährungsrohre“ sind nach Shewirjeff nur brauchbar für wissenschaftliche Untersuchungen, aber nur in solchen Fällen, wo eine genügend dicke Schicht frischen Holzes in den zu behandelnden Bäumen vorhanden ist.

Für die Praxis kommt nach Shewirjeff ein anderer Apparat in Betracht; dieser wurde von ihm wie folgt hergestellt: Aus einer Aluminiumplatte wurde ein rundes Stück ausgeschnitten und in der Mitte desselben ein Loch angebracht, das einen etwas kleineren Durchmesser als der zu behandelnde Baum hatte. Der innere, das Loch begrenzende Rand wurde

daraufhin dünn geschliffen, so daß er leicht herabgebogen werden konnte. Weiterhin wurde das kranzförmige Gebilde an einer Stelle durchschnitten. Auf diese Weise wurde erreicht, daß sich die Platte manschettenartig um den Baum legen ließ. Die Rinde wurde an der Stelle, wo die Manschette angelegt werden sollte, geglättet; letzteres war besonders bei Rebstöcken nötig, da deren Rinde nur aus losen, dünnen Lagen besteht, andernfalls durchdrang die Flüssigkeit diese Lagen und floß am Stamm ab. Nachdem die Rinde geglättet war, wurde Kitt um den Stamm herumgelegt und die Manschette angebracht. Die freien Ränder der Manschette, die übereinander zu liegen kamen, wurden ebenfalls durch Kitt abgedichtet. Shewirjeff schlägt der größeren Sicherheit wegen vor, den unteren Rand der Manschette mit einem Strick festzubinden und mit einer weiteren Lage Kitt zu versehen. Der Rand im Inneren der Manschette, also dort, wo dieselbe an den Stamm herantritt, wurde ebenfalls verkittet; ein Auslaufen der Flüssigkeit sollte auf diese Weise verhindert werden. Nach Fertigstellung dieser Apparatur wurde der Raum zwischen Baum und Manschette mit der zu absorbierenden Flüssigkeit angefüllt. Mit einem scharfen, schmalen Meisel wurde alsdann ein Einschnitt in den Stamm (unter der Oberfläche der Flüssigkeit) gemacht. Um die Aufnahme zu beschleunigen, kann man, wie Shewirjeff mitteilt, solche Einschnitte an demselben Stamm an mehreren Stellen anbringen. Im übrigen ließ sich der soeben beschriebene Apparat nur für dünne Bäume (bis zu einem Durchmesser von 5 Zoll [1]) verwenden; bei dicken Bäumen war seine Anwendung mit Schwierigkeiten verknüpft. Um alte Bäume zu behandeln, bediente sich daher Shewirjeff verschiedener anderer Apparate, so auch halbkreisförmiger Metallplatten (Aluminiumplatten) [2]), die ähnlich wie die Manschetten an den Bäumen angebracht wurden. Die Abdichtung geschah mit Kitt; die Befestigung am Stamm mit Nägeln. Sobald hier die Flüssigkeit von dem Stamm aufgenommen war, mußte solche wieder frisch nachgefüllt werden. Bei Petersburg, wo die Menge der absorbierten Flüssigkeit nicht einmal $^1/_2$ Quart (= ca. $^1/_2$ Liter) pro Tag betrug, war die Behandlung wenig mühsam; im Süden hingegen war sie aber nicht durchzuführen, da sich dort, besonders bei heißem Wetter, die aufgenommene Menge auf Dutzende von Quarts pro Tag belief. Unter keinen Umständen durfte man jedoch warten, bis die Flüssigkeit gänzlich absorbiert war. In solchen Fällen konnte nämlich der Versuch nicht fortgesetzt werden, da alsdann der negative Druck der Gase, welche die Gefäße anfüllen, aufgehoben wurde. Die zu spät zugefügte Flüssigkeit trat entweder gar nicht oder nur in ganz geringen Mengen in die oberen Gefäße ein. Waren die Wundränder (Ränder der Einschnitte) jedoch noch frisch und feucht, so konnte die Flüssigkeit ergänzt werden; die Absorption ging alsdann wieder vor sich. Bei den Ver-

[1]) 1 Zoll = 1 Inch = 2,54 cm.

[2]) Diese Platten wurden auch als Halbplatten bezeichnet.

suchen in den Baumschulen von Sacharsk (Kulaiser Gouvernement) war es nötig, die Flüssigkeitsbehälter alle $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunden frisch zu füllen. Nachts war die Absorption langsamer, trotzdem aber mußte auch hier alle 2 Stunden Flüssigkeit nachgefüllt werden. Nach Mitteilung von Shewirjeff gaben Remesov und K. D. Goreav Anregung zu nachfolgend beschriebenem, selbständig funktionierenden Apparat, der zur Ergänzung der aufgenommenen Flüssigkeit diente. Eine gewöhnliche Flasche mit einem Gummirohr am

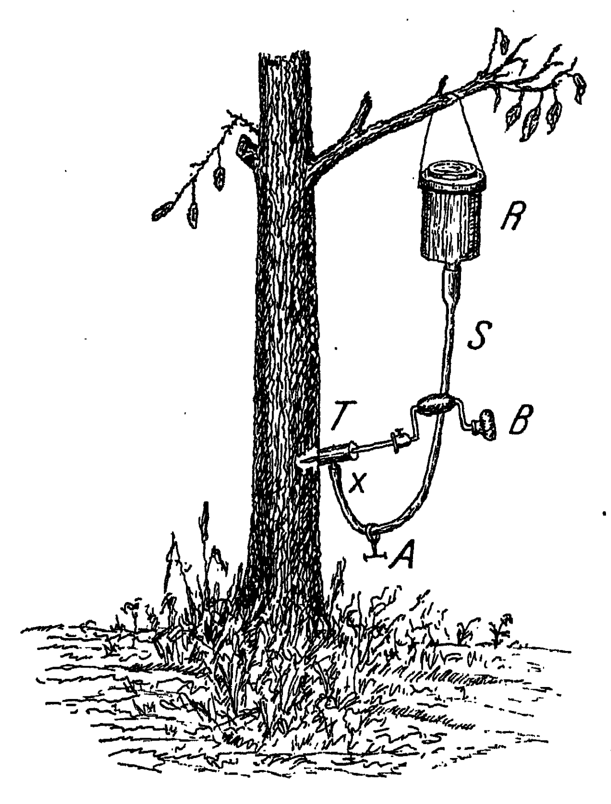



Abb. 2. Baum-„Injektion" nach Mokrzecki.
Erklärung siehe Text.

Halse wurde mit der den Bäumen zuzuführenden Flüssigkeit gefüllt. Das Rohr wurde in die von der Manschette am Stamm festgehaltenen Flüssigkeit eingetaucht, und die Flasche mit der Öffnung nach unten am Stamm festgebunden. Da sich das Ende des Gummirohres unter der Oberfläche der Flüssigkeit befand, so konnte keine Luft zutreten, und die Flüssigkeit unter keinen Umständen aus der Flasche auslaufen. Sobald aber das Niveau der Flüssigkeit in der Manschette so tief sank, daß die Öffnung des Gummirohres frei in der Luft lag, so trat Luft in die Flasche ein. Dies ermöglichte aber den Austritt der Flüssigkeit aus der Flasche, und zwar so lange, bis das Rohrende wieder untertauchte. Auf diese Weise

wurde die Höhe des Flüssigkeitsstandes in der Manschette rein automatisch aufrecht erhalten. Was die vom Baum aufgenommene Menge betrifft, so konnte diese mit Hilfe einer Skala, die an der Flasche angebracht war, festgestellt werden. Es war bei Zuhilfenahme der beschriebenen Apparate nur noch nötig, die Flasche zu wechseln, was bei weitem nicht so viel Aufmerksamkeit erforderte. Allerdings absorbierten alte Bäume etwa 20 bis 40 Quarts (= ca. 20 bis 40 l) pro Tag; in diesem Falle würden nach Ansicht von Shewirjeff nur große Flaschen von 5 bis 10 Quarts (= ca. 5 bis 10 l) Inhalt die Arbeit verringern können. Der zur Abdichtung verwandte Kitt hat folgende Zusammenstellung:

1 T. Bienenwachs,
$^1/_{10}$ „ Kolophonium,
$^1/_{10}$ „ flüssiges Schweineschmalz (lard oil).

Das Ganze wurde zusammen geschmolzen und einmal aufgekocht. Der Kitt mußte so weich sein, daß er mit einem geschärften Holzmesser geschnitten werden konnte. Seine Zusammensetzung richtete sich jedoch jeweils nach der Temperatur der Lokalität. Kitt, welcher beispielsweise in Petersburg brauchbar war, schmolz in den südlichen Gegenden in der Sonne; er mußte durch einen größeren Zusatz von Kolophonium und unter Verringerung des Quantums Schmalz härter gemacht werden.

Mokrzecki (1903) benutzte einen Apparat, der eine große Ähnlichkeit mit den von Shewirjeff beschriebenen Ernährungsröhren hat (vgl. Abb. 2). Derselbe bestand aus einer offenen Kupferröhre (T), die mit einem seitlichen Ansatzröhrchen (x) versehen war. Das Hauptrohr wurde in den Stamm eingetrieben, und das seitliche Röhrchen durch einen Gummischlauch (S) mit dem die Lösung enthaltenden Gefäß (R) verbunden. Der Zufluß konnte mit Hilfe eines Quetschhahnes (A) geregelt werden. Nachdem das ganze Röhrensystem mit Flüssigkeit angefüllt war, wurde mit Hilfe eines Bohrers (B), der durch das Hauptrohr durchgeführt wurde, ein Loch in den Stamm gebohrt. Die Flüssigkeit folgte alsdann dem Bohrer. Mokrzecki verwandte außerdem noch einen anderen Apparat. Dieser bestand aus einer am Stamm aufgehängten Halbwanne. Durch den Boden derselben ging eine offene Metallröhre, die innerhalb der Wanne mit Löchern versehen war und deren anderes Ende in den Stamm eingesetzt wurde. Auch hier wurde mit Hilfe eines Bohrers, der durch das Rohr hindurchgeführt wurde, der Stamm angebohrt. Die Stärke der Bohrer betrug bei beiden Apparaten $^1/_4$ Zoll. Im übrigen legte Mokrzecki wie Shewirjeff großen Wert darauf, daß zugleich mit dem Bohrer auch die Flüssigkeit in den Stamm eindrang.

Nach Rumbold (1915) wurde von R. C. Walton, der seine Anregung aus einer Arbeit Shewirjeffs (1894) erhielt, versucht, auf folgendem Wege zum Ziele zu gelangen. In eine Zinkblechdose wurde an einer Seite nahe am Boden, ähnlich wie bei einer Gießkanne, ein Loch

eingeschnitten. Die Stelle nun, wo die Flüssigkeit in den Baum eingeführt werden sollte, wurde ringsum dick mit Baumwachs bestrichen, so daß alle Ritzen ausgefüllt waren. Daraufhin wurde das Gefäß so an den Baum gebunden, daß die Öffnung auf die Einführungsstelle zu liegen kam (vgl. Abb. 3). Es sollte auf diese Weise eine wasserdichte Verbindung hergestellt werden. Die von dem Baume aufzunehmende Flüssigkeit wurde alsdann in den Behälter eingefüllt und mit einem Meißel vom Innern desselben aus, also unter der Oberfläche der Flüssigkeit, ein Loch in der Stamm geschlagen (vgl. Abb. 3 C). Die Nachteile dieser Methode waren

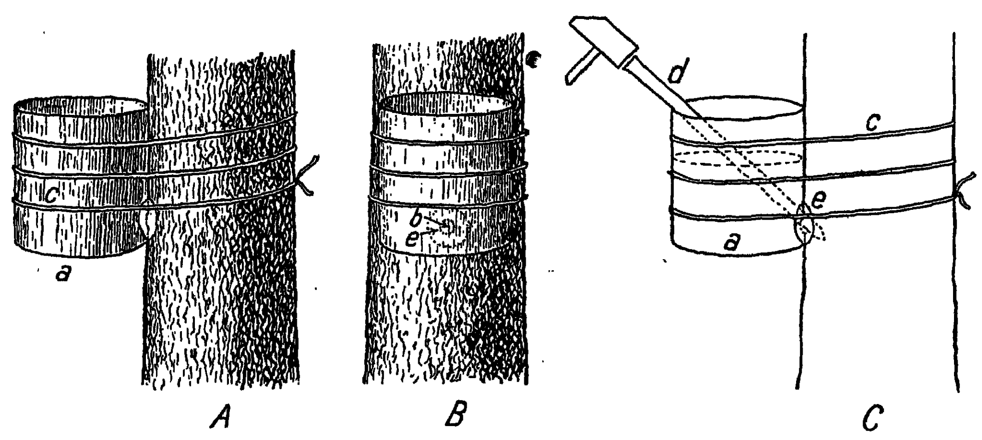



Abb. 3. Waltonsche Methode nach Rumbold (Zeichnungen verbessert).
A = Seitenansicht. B = Vorderansicht. C = Seitenansicht (Skizze).
a = Zinkblechdose. b = Kreisförmiges Loch der Dose. c = Befestigung der Dose am Baum.
d = Meisel. e = Abdichtung mit Baumwachs.

die, daß das Metallgefäß von den Flüssigkeiten angegriffen wurde, und daß das Wachs bei mehrtägiger Behandlung nicht dicht hielt. Um den erstgenannten Übelstand zu beseitigen, wurde an Stelle des Zinkbehälters ein Glasgefäß gewählt, welches mit Hilfe von Flußsäure mit einem Loch versehen wurde.

Weiterhin teilt Rumbold (1915) eine von W. T. Bovie ersonnene Methode mit. Zur Anwendung kam hier zunächst ein Zinkblechbehälter von 6 Inches Länge, 4 Inches Höhe und 3,78 Inches[1]) Breite. Derselbe war oben und an einem Ende offen und wurde, das offene Ende gegen den Baum gerichtet, mit Hilfe eines Drahtes am Stamm befestigt. Die am Stamm anliegenden Ränder der Blechdose wurden mit Okkulierwachs gegen denselben abgedichtet. Der Behälter wurde alsdann mit Wasser angefüllt. Auch hier war es möglich, ein Loch in den Baum zu schneiden, ohne daß Luft in die Gefäße eindrang (vgl. Abb. 4). Darauf wurde ein Einmachglas, das die eigentliche vom Baum zu absorbierende Flüssigkeit enthielt, und das mit Pergamentpapier verschlossen war, an einem Ast über

[1]) 1 Inch = 2,54 cm.

der Einführungsstelle aufgehängt. Mittels eines Gummischlauches, der mit dem Einmachglas in Verbindung stand und der in ein kurzes Glasrohr endete, wurde die Flüssigkeit zur Aufnahmestelle geleitet (vgl. Abb. 4 F). Das Glasrohr selbst wurde durch einen Gummistopfen geführt; dieser war mit seinem breiten Ende gegen den Stamm gerichtet. Ein Apparat, der das Ganze halten sollte, bestand aus einem Holzklotz von 6×3×1 Inches Größe. In der Mitte desselben befand sich ein Loch, das gerade über den engen Teil des Gummistopfens ging. An beiden Enden des Holzes war je ein Stück starkes Bandeisen derart befestigt, daß es einen rechten Winkel mit demselben bildete. Eines dieser Eisen war mit 2 Reihen Löcher, das andere mit Zähnen (Widerhaken) versehen. Diese Löcher und Zähne dienten zur Aufnahme von elastischen, starken Stahldrähten; diese preßten den Holzklotz resp. den Gummistopfen mit einem Druck von 40 Pfund [1]) gegen den Stamm. Die Klammern waren verstellbar, und somit der Apparat für Bäume verschiedener Stärke verwendbar (vgl. Abb. 4 E und 4 F). Unter Umständen kam jedoch als weiteres Hilfsmittel, besonders wenn Hilfskräfte nicht zur Verfügung standen, noch folgendes Werkzeug in Betracht. Dieses bestand aus einem 2 Fuß [2]) langen Holz, an dessen einem Ende eine bandartige Metallplatte rechtwinklig angebracht war. Das Ende des Metallstückes war gabelförmig, so daß es den Gummistopfen in der Mitte umschließen konnte. Das Ganze stellte einen Hebel dar, der mittels eines Drahtes so am Stamm befestigt wurde, daß er beim Herunterdrücken den Gummistopfen gegen den Stamm preßte (vgl. Abb. 4 B). Nachdem dieser Hebel befestigt war, wurde die ganze Apparatur (Einmachglas und Gummischlauch) mit der vom Baume zu absorbierenden Flüssigkeit gefüllt und der Gummischlauch an seinem freien Ende abgeklemmt (das Glasrohr befand sich in diesem Falle am Gummistopfen). Nun wurde mit einem Hohlmeißel unter der Oberfläche des in dem Behälter befindlichen Wassers ein Loch in den Baum geschnitten (vgl. Abb. 4 A). Darauf wurde der mit einem kurzen Glasrohr versehene Gummistopfen mit Hilfe des Hebels auf die mit dem Meißel angefertigte, unter Wasser befindliche Aufnahmestelle aufgesetzt (vgl. Abb. 4 D). Des weiteren wurde die Klammer von dem Gummischlauch entfernt und die Flüssigkeit solange ausfließen lassen, bis aus dem Gummischlauch alle Luft entfernt war. Erst dann wurde die Verbindung mit dem Glasrohr bezw. dem Gummistopfen hergestellt. Mit Hilfe des Hebels wurde nun das Ganze bezw. der Gummistopfen so lange gegen die Einführungsstelle gepreßt, bis der mit Wasser gefüllte Behälter entfernt und die bereits beschriebene Klammer angesetzt war. Das Ansetzen der Klammer geschah ebenfalls unter Verhütung von Luftzutritt in die Schlauchleitung etc. Der Gummistopfen saß also während der Behandlung dem

[1]) 1 engl. Pfund = 436 g.
[2]) 1 Fuß = 30,5 cm.

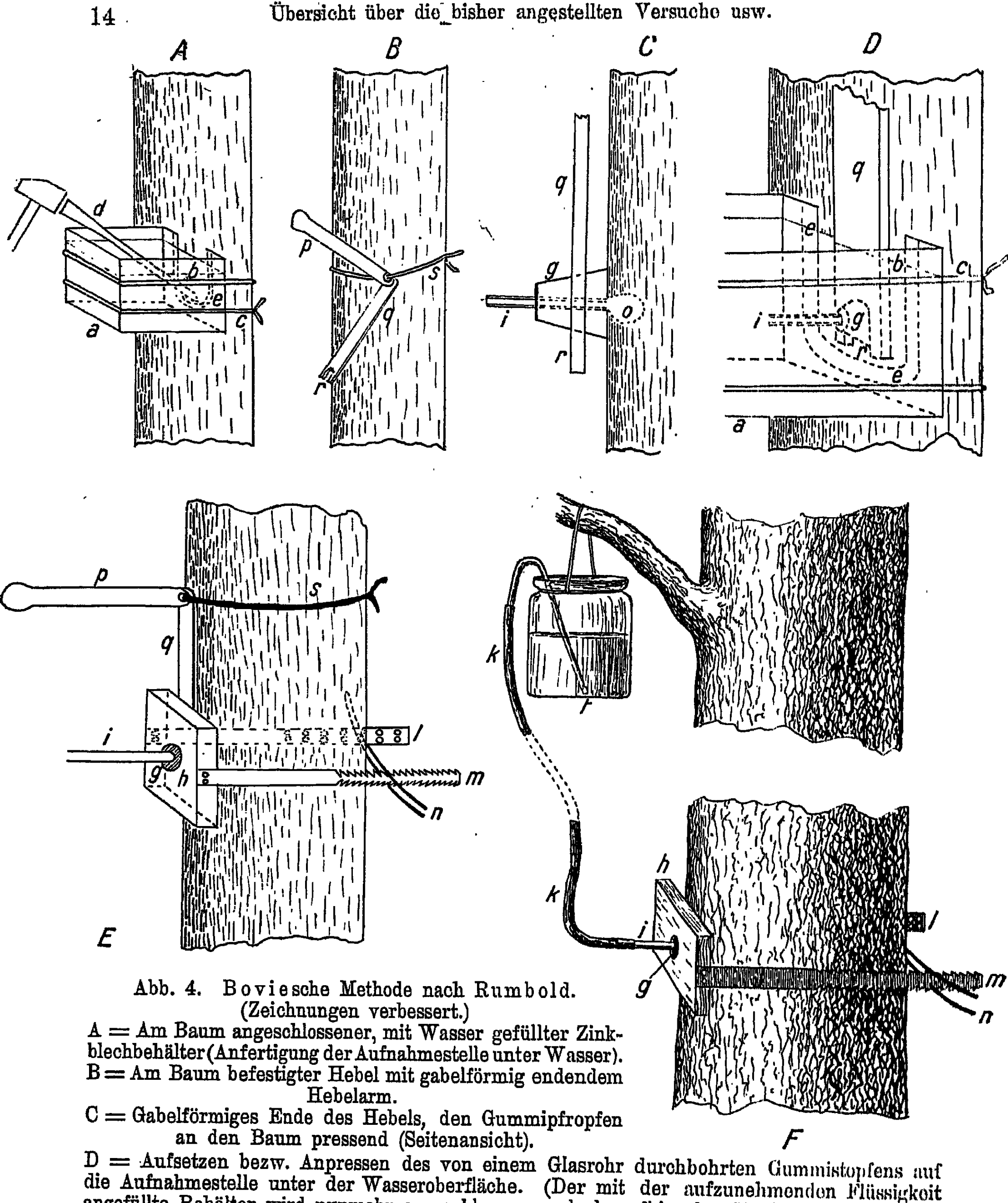



Abb. 4. Boviesche Methode nach Rumbold.
(Zeichnungen verbessert.)
A = Am Baum angeschlossener, mit Wasser gefüllter Zinkblechbehälter (Anfertigung der Aufnahmestelle unter Wasser).
B = Am Baum befestigter Hebel mit gabelförmig endendem Hebelarm.
C = Gabelförmiges Ende des Hebels, den Gummipfropfen an den Baum pressend (Seitenansicht).
D = Aufsetzen bezw. Anpressen des von einem Glasrohr durchbohrten Gummistopfens auf die Aufnahmestelle unter der Wasseroberfläche. (Der mit der aufzunehmenden Flüssigkeit angefüllte Behälter wird nunmehr angeschlossen und daraufhin der Zinkbehälter entfernt.)
E = Über dem Hebel angelegte Klammer. (Der Hebel wird nunmehr entfernt.)
F = Endgültige Apparatur.
a = Zinkblechbehälter (Wasser enthaltend). b = Ausschnitt des Zinkblechbehälters. c = Befestigung des Behälters am Baum. d = Meisel. e = Abdichtung mit Baumwachs. g = Gummistopfen. h = Holzklotz (Teil der Klammer). i = Glasrohr. k = Gummischlauch. l = Mit Löchern versehenes Eisenstück der Klammer. m = Mit Zähnen (Widerhaken) versehenes Eisenstück der Klammer. n = Stahldraht. o = mit Hilfe eines Meißels am Stamm angebrachte Aufnahmestelle. p = Holzarm des Hebels. q = Eisenteil des Hebels. r = Gabelförmiges Ende des eisernen Hebelarms. s = Befestigung des Hebels am Stamm. t = Einmachglas (die vom Baum aufzunehmende Flüssigkeit enthaltend).

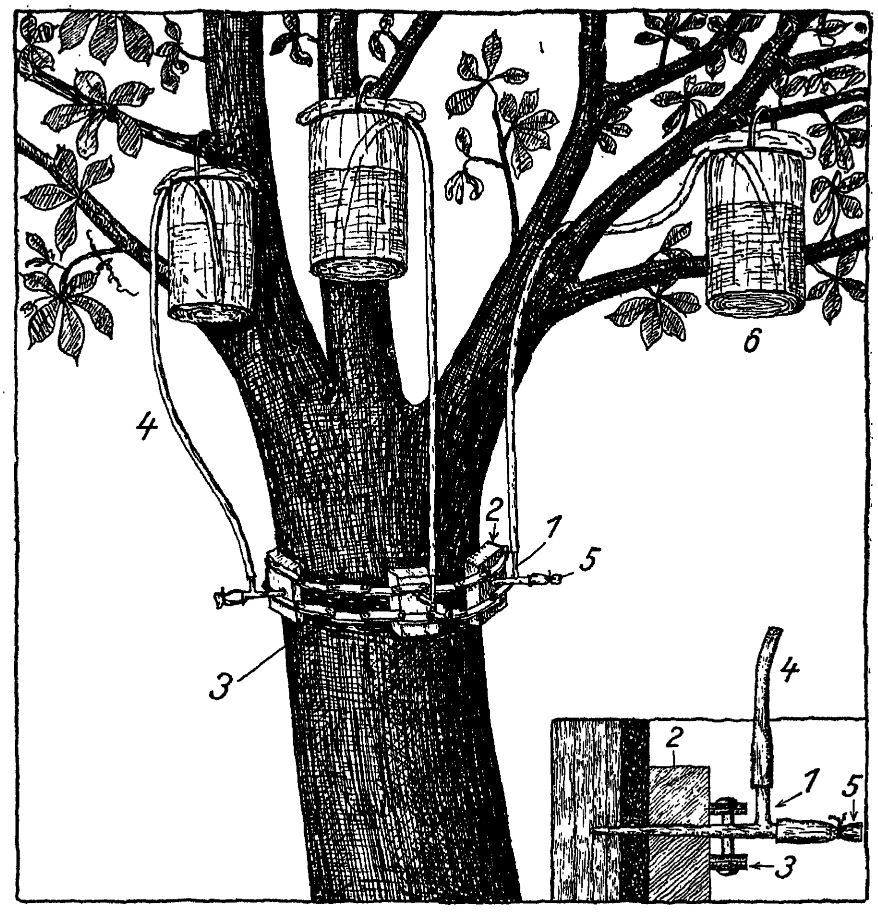



Abb. 5. Baum-„Injektion" nach der Shewirjeffschen Methode, ausgeführt von C. Rumbold. (Abbildung nach Hauri.)
1 = T-Rohr, gegen den Baum in eine Spitze ausgezogen. 2 = Gummipfropfen zur Beseitigung des T-Rohres am Baum. 3 = Kette zum Festhalten der verschiedenen Zuleitungen. 4 = Schlauch zur Zufuhr der zu absorbierenden Flüssigkeit. 5 = jetzt verschlossenes Ende des T-Rohres, durch das bei der Einführung der Glasspitze eine Bohrnadel in den Baum getrieben wird. 6 = Behälter für die zu absorbierende Flüssigkeit.

Stamme auf und drang keineswegs in die Einführungsstelle ein. In einigen Fällen war es nötig, vor Beginn der Behandlung an der Stelle, wo die Einführung vorgenommen werden sollte, den Stamm zu glätten. Nach Beendigung des Versuchs wurde die Aufnahmestelle mit Baumwachs verschlossen. Die Stärke der Aufnahme hing davon ab, ob bei der Behandlung Luft mit eindrang, und ob die in den Stamm geschlagenen Löcher glattwandig waren oder nicht. Die Flüssigkeiten drangen am schnellsten ein, wenn Aufnahmestellen mit einem scharfen Meißel oder einem Hohlmeißel angefertigt wurden.

Rumbold (1915) selbst hat ebenfalls die Shewirjeffsche Methode angewandt. Die Apparatur scheint jedoch eine andere gewesen zu sein (vgl. Abb. 5). Um die durchlöcherten, aus Kautschuk bestehenden Gummistopfen, durch welche die Rohre in den Stamm der Bäume eingeführt wurden, am Baum festzuhalten, verwandte sie Ketten (früher Klammern). Die Stopfen selbst wurden mit Eisen gegen Einreißen und Verletzung durch die Kette geschützt. Durch jene Stopfen gingen T-Röhren aus Glas; sie führten die Flüssigkeit in die Bohrlöcher ein. Die Schlauchleitungen, die von dem die Flüssigkeit enthaltenden Behälter herunterführten, waren mit den vertikalen Enden der T-Rohre verbunden. Die freien, horizontalen Enden der T-Rohre endigten in einem Stück Kautschukschlauch, der abgeklemmt werden konnte. Mit einem Stahlrohr, das die Form eines Laboratoriumkorkbohrers hatte, wurde das Loch in den Stamm gebohrt, und zwar geschah dies durch den horizontalen Arm des T-Rohres, nachdem der Apparat angebracht war und die Flüssigkeit das T-Rohr erfüllte. Die Zufuhr der letzteren konnte durch einen Quetschhahn, der an dem Kautschukschlauch angebracht war, unterbunden werden. Glas-T-Rohre eigneten sich am besten, weil die Anwesenheit von Luftblasen oder Undichtigkeit in Verbindungsstücken leicht feststellbar waren. Rumbold betont ebenfalls, daß es unbedingt erforderlich war, daß mit der Lösung keine Luft eindrang. Mit Hilfe dieser Apparatur war es möglich, die Einführung der Flüssigkeit an sieben Stellen gleichzeitig durchzuführen. Dies geschah in der Weise, daß jeweils zwei Einführungsstellen an entgegengesetzten Seiten des Stammes, aber in gleicher Höhe, zu liegen kamen. Die nächsten zwei Einführungsstellen lagen höher oder tiefer; ihre Verbindungslinie lag senkrecht zu derjenigen der beiden ersten Bohrlöcher usw. Letztere hatten ohne Ausnahme einen Durchmesser von 1 cm; sie wurden bis zum zweiten Jahresring geführt.

Hauri (1922), der ein kurzes Referat über eine von Rumbold publizierte Arbeit veröffentlicht hat, hat demselben eine instruktive Abbildung beigefügt, die hier ebenfalls wiedergegeben sei (vgl. Abb. 5).

### *3. Die Reimannsche Methode.*[1]

Moll (1924) schreibt hierzu wie folgt: Als neuestes und außerordentlich bemerkenswertes Verfahren ist das von Reimann zu nennen. Untersuchungen und Versuche zum Färben von Holz am lebenden Baum sind schon seit 100 Jahren bekannt, und auch die Reimannschen Untersuchungen haben schon vor reichlich 12 Jahren begonnen. Aber ebenso wie seine Vorgänger mußte Reimann zunächst die Erfahrung machen, daß, wenn schon die Farbstoffe vom lebenden Baum aufgenommen wurden, ihre Verteilung im Stamm so schlecht war, daß eine gewerbliche Ausnutzung

[1]) Diese kommt nur da in Betracht, wo kein Wert darauf gelegt wird, daß der behandelte Baum am Leben bleibt.

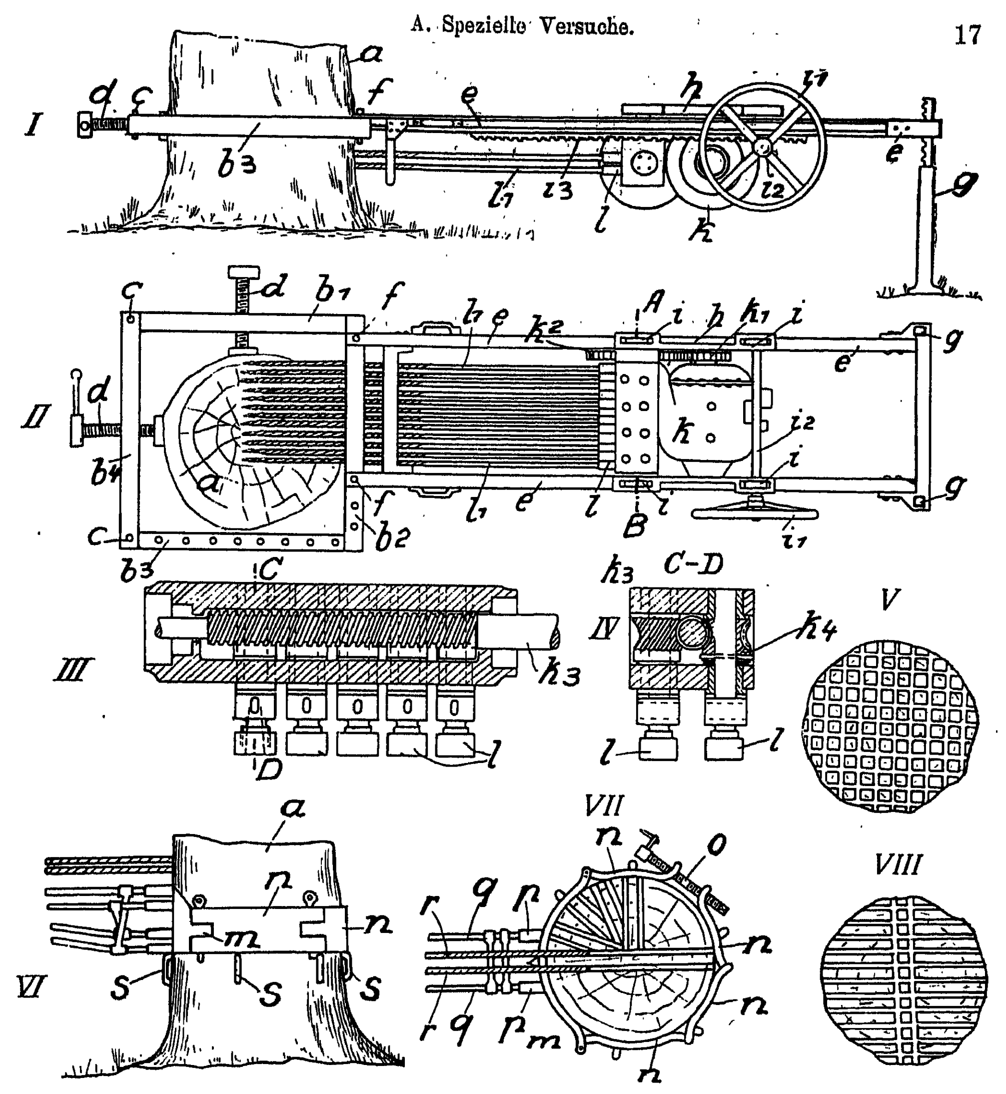



Abb. 6. Apparat zur Aufteilung der Stämme lebender Bäume behufs Einführung von Farbstoff in dieselben nach Reimann.

**I, II, III** und **IV** = Bohrvorrichtung. a = Baumstamm. $b_1$, $b_2$, $b_3$, $b_4$ = Rahmen. c = Bolzen. d = Preßschrauben. e = Gestell. f = Bolzen des Gestells. g = verstellbare Stützen des Gestells. h = Wagen. i = Rollen des Wagens. $i_1$ = Handrad. $i_2$ = Achse des Handrads, die mit Zahnrädern versehen ist. $i_3$ = Zahnstangen, die am Gestell befestigt sind. k = Motor. $k_1$, $k_2$ = Zahnräder des Motors. $k_3$ = Schnecke. l = Bohrspindeln. $k_4$ = Schneckenräder der Bohrspindeln. $l_1$ = Bohrer (12 Stück).

**V** = Gitterförmige Aufteilung des Stammes, die dadurch zustande kommt, daß nach der ersten Bohrung das Gestell mit seinen zahlreichen, in gleichen Abständen nebeneinander liegenden Bohrern um 90° gedreht wird, und daraufhin eine zweite Bohrung erfolgt.

**VI, VII** = An Stelle des Rahmens $b_1$, $b_2$, $b_3$, $b_4$ tritt hier ein Rahmen, der nach Art einer Rohrschelle ausgebildet ist. VII eine strahlenförmige Aufteilung demonstrierend. a = Baumstamm. m, n = Einzelteile des Rahmens. o = Schraube. p = Nocken. q = Gestell. r = Bohrer. s = Klammer.

**VIII** = Bohrung nach I und II. Kombiniert mit Bohrung nach VI.

eines Färbeverfahrens auf diesem Wege nicht möglich war. Die Hauptschwierigkeit, an welcher alle älteren Erfinder scheiterten, liegt darin, daß eine dem Holz an irgendeiner Stelle der Wurzel oder unten am Stamm zugeführte Flüssigkeit nicht auf dem ganzen Stammumfange weiter geleitet wird, vielmehr wie auch der Saft nur in den bevorzugten Bahnen. Selbst an Wintertagen steigt der Saft im Holze hoch, aber nur in den unter der Einwirkung der Sonne befindlichen Leitbahnen. Reimann hat den Stamm durch zwei und mehr dicht übereinander angeordnete Reihen von Löchern gitterförmig aufgeteilt. Auf diese Weise bleiben stets genügende Schichten des Splintholzes und Bildungsgewebes, welche für die Hochführung der Flüssigkeit von der Wurzel notwendig sind, unverletzt erhalten. Der Zusammenhang zwischen Stamm und Wurzel wird nicht vollständig unterbunden, und trotzdem ist die Möglichkeit gegeben, daß durch die Löcher der Querschnitt des Stammes schon kurz oberhalb der Löcher vollständig gedeckt ist. Die Aufteilung des Stammes geschieht mittels einer besonders zu diesem Zweck konstruierten Bohrmaschine (vgl. Abb. 6).

### 2. Einführung fester, in den Säften der Pflanzen löslicher Stoffe in die Pflanzen.

Eine andere Methode, die insofern einfacher ist, als mit der Deponierung der Stoffe die Anwendung einer größeren Apparatur nicht verknüpft ist, ist die Einführung fester, aber wasser- bzw. in Pflanzensäften löslicher Substanzen in die Pflanzen. So verabfolgte Pichi (1891) Weinstöcken in der ersten Hälfte des Monates April Kupfervitriol in Form von gepulverten Kristallen. Peronino applizierte Bäumen Kaliumzyanid. Pachassky (1903) wandte 1901 zur Behandlung an Chlorose leidender Bäume Eisensulfat an, das er in Löcher, die in der Nähe des Bodens in den Stamm gebohrt wurden, einführte. Er bohrte diese Löcher auch mitunter quer durch den ganzen Stamm, glaubt jedoch, daß es für eine gleichmäßige Verteilung der Substanzen nötig sei, 4 kreuzweise Kanäle anzulegen, aber weder er noch seine Mitarbeiter wagten es, den Bäumen so schwere Wunden beizubringen. Behandelt wurden 1000 Bäume. Mokrzecki (1903) legte die Chemikalien (trockene Salze in Pulverform) in kleine, in den Stamm von zwei oder vier Seiten gebohrte Löcher ein, worauf diese mit Baumwachs verschlossen wurden. Die Größe der Einführungsstellen war derart, daß man 4—12 g der einzuverleibenden Stoffe unterbringen konnte. Die Menge der verwandten Chemikalien hing von der Größe des Baumes ab; er führte in einen nicht zu großen Baum gewöhnlich 4—12 g Salze ein. Reshko wandte ebenfalls dieses als alte Methode bezeichnete Verfahren an. Sandford (1914) benutzte zur Bekämpfung von *Icerya purchasi* an spanischem Ginster Kaliumzyanid. Er bohrte jeweils in den Stamm ein Loch von $^3/_8$ Zoll[1]) Stärke und 3 Zoll Tiefe, das

[1]) 1 Zoll = 2,54 cm.

mit dem Gift angefüllt und alsdann verschlossen wurde. Ein Pfirsichbaum wurde in der gleichen Weise behandelt. Nach einer Mitteilung von Surface (1914) hat eine Firma in Allentown (The Fertilizing Scale Co.) und vorher ein Herr Kleckner, die Methode in der Praxis angewandt. Hierbei wurden folgende Chemikalien den Bäumen einverleibt: Kaliumzyanid, Kaliumchlorid und Eisensulfat. Interessant ist die Mitteilung, wonach jene Chemikalien in Kapseln gehüllt unter die Rinde gebracht wurden. Über das Material, aus dem jene Kapseln bestanden, ist leider nichts bekannt. Erwähnt sei ferner, daß für die Behandlung eines Baumes $ 0,50, später $ 0,15 berechnet wurden. Flint (1915) teilt mit, daß von den Staatsentomologen von Illinois 50 mit den Larven des Akazienbohrers befallene Akazien von 1—7 Zoll Durchmesser mit Kaliumzyanid 98 % und Natriumzyanid behandelt wurden. Die Salze wurden in Löcher von $^1/_4$, $^1/_2$ und $^3/_4$ Zoll Durchmesser eingefüllt; letztere waren verschieden tief und wurden in verschiedener Höhe vom Boden angebracht. Die Dosierung betrug $^1/_{20}$—$^1/_2$ oz.[1]) pro Baum. Das Kaliumzyanid kam in kleinen Stücken zur Anwendung. Die Bohrlöcher wurden mit einem Stopfen verschlossen. Moore und Ruggles (1915) nahmen während des Winters und des Frühjahrs Versuche in der Weise vor, daß sie ein Stückchen Kaliumzyanid von der Größe einer halben Erbse in die Stengel kleiner Geranienpflanzen einlegten. Gelegentlich eines anderen Versuches wurde ein Apfelbaum als Versuchsobjekt gewählt. In diesem Falle wurde nahe am Boden ein großes Loch von $^3/_4$ Zoll Durchmesser in das Holz gebohrt. Dasselbe wurde mit Kaliumzyanid gefüllt und mit einem Kork verschlossen; zur Abdichtung wurde Kollodium verwandt. Elliot (1917) brachte Kristalle von Kaliumzyanid unter die Rinde der zu behandelnden Pflanzen in der Annahme, daß diese von dem Saft aufgelöst würden. Raybaud (1921) benutzte zur Bekämpfung von *Ceroplastes rusci*, einer Schildlaus, kristallisiertes Kaliumferrozyanid, das er in Stämmen von Feigenbäumen deponierte. Zum Vergleich wurden auch Versuche mit *Pinus pinea*, *Pinus silvestris* und *Ligustrum* angestellt. Schneider (1921) wiederum hat sich ein Verfahren patentieren lassen, bei welchem dem pflanzlichen Organismus ebenfalls feste Stoffe einverleibt werden. Sein Patent lautet: Vorrichtung zur Einführung von die Entwicklung von Pflanzen fördernden Stoffen in weiche, saftführende Pflanzenteile, bestehend aus einem Stäbchen oder dergl., das aus dem wirksamen Stoff besteht, oder damit ganz oder teilweise überzogen oder getränkt ist und solche Form hat, daß es ohne vorherige Herstellung einer Öffnung in die Pflanzenteile eingedrückt werden kann.

### 3. Durchtränkung des Bodens mit Stoffen zwecks Aufnahme derselben durch die intakte Wurzel.

Die Einführung von Stoffen in das Innere der Pflanze durch die intakte Wurzel zwecks Bekämpfung irgendwelcher Parasiten oder Krank-

[1]) 1 oz. = 18,833 Gramm.

heiten sei hier ebenfalls erwähnt. Auch hier kann man von einem inneren Heilverfahren sprechen. Immerhin besteht gegenüber der direkten Einverleibung von Stoffen in die Pflanzen insofern ein erheblicher Unterschied, als man hier auf die Aufnahme der Stoffe infolge des Wahlvermögens der Zellen keinerlei Einfluß hat. Eine Kontrolle in bezug auf die aufgenommene Menge ist also ebenfalls nicht möglich. Was die Anwendung jener Methode in bezug auf die direkte Bekämpfung von Parasiten und Krankheiten der Pflanze betrifft, so haben sich derselben u. a. Green, Loew (1924), Meinke (1924) und K. Müller (1924) bedient. Die Stoffe wurden hierbei entweder in fester oder flüssiger Form in den Boden gebracht. Einzelheiten sind aus nachfolgendem Kapitel betr. praktische Versuche zur Bekämpfung von Parasiten und Krankheiten der Pflanze (S. 48) zu ersehen. Erwähnt sei noch, daß eine Kräftigung der Pflanzen durch entsprechende Düngung in gewissem Sinne ebenfalls als eine innere Therapie zum Schutze gegen Parasiten und Krankheiten zu betrachten ist, und zwar insofern, als hierdurch die Pflanzen gegen dieselben widerstandsfähiger werden.

4. Absorption von Stoffen durch die intakten Blätter.

Neben den bisher beschriebenen Methoden kennen wir nun auch noch eine solche, bei welcher die zur Aufnahme bestimmten Stoffe durch die intakten Blätter absorbiert werden. L. Hiltner (1909) hat nachgewiesen, daß auch höhere Landpflanzen in der Lage sind, durch ihre Blätter Nähr- und Heilstoffe aufzunehmen. So heilte er die Chlorose der gelben Lupinen durch Spritzen mit dünnen Eisensalzlösungen. Auch hier handelt es sich also um ein inneres Heilverfahren, da, wie beispielsweise auch E. Hiltner (1924) mitteilt, die Stoffe im Inneren des Blattes zur Auswirkung kommen. Über die Methodik selbst ist wenig zu sagen; ich verweise dieserhalb auf die auf S. 52 u. 53 beschriebenen, von E. Hiltner vorgenommenen, Versuche.

### b) Art der Ausbreitung von Stoffen in den Pflanzen unter Berücksichtigung der Absorptionsgeschwindigkeit und der absorbierten Mengen.

Mit der Möglichkeit, allen oder wenigstens den lebenden (funktionsfähigen) Teilen des pflanzlichen Organismus Stoffe zuführen zu können, würde das Problem der inneren Therapie der Pflanzen eine wohl nicht zu unterschätzende Stütze erhalten. Aus diesem Grunde, besonders aber deshalb, weil es sich hier um Fragen handelt, die allgemeines Interesse haben, ist gerade über jenen Gegenstand des öfteren berichtet worden. Im Nachfolgenden können daher nur einige der wichtigsten Arbeiten berücksichtigt werden. Im Zusammenhang damit sollen die Feststellungen in bezug auf die Absorptionsgeschwindigkeit bei Anwendung verschiedener Stoffe und Konzentrationen, die absorbierten Mengen, die chemischen Umsetzungen der eingeführten Chemikalien im Inneren der Pflanze, die Abhängigkeit der Aus-

breitung von meteorologischen Verhältnissen, den Jahreszeiten usw., sowie auch die Methodik des Nachweises der Ausbreitung von Stoffen (Chemikalien) in den Pflanzen erörtert werden.

### 1. Versuche mit Chemikalien (excl. Farbstoffe).

#### *a) Methodik des Nachweises.*

Was die Methodik des Nachweises in bezug auf die Ausbreitung einiger Stoffe betrifft, so benutzte Mac Nab (1871), der Lösungen von Caesium-, Lithium- und Thallium-Salzen anwandte, für die Lithiumsalze folgendes Verfahren: Einige Zeit nach Versuchsbeginn wurde der behandelte Stamm in Stücke geschnitten und diese numeriert. Die Holzstücke wurden daraufhin in einem Ofen bei 100 ° C getrocknet. Nach der Trocknung wurden jeweils kleine Stückchen in ein Uhrglas mit verdünnter Salzsäure eingelegt. Auf einem kleinen Netz aus Platindraht wurde alsdann jeweils eines dieser Holzstückchen in eine Bunsenflamme gebracht und die erhaltene Asche wieder mit verdünnter Salzsäure angefeuchtet. Daraufhin wurde die Asche wieder in die Bunsenflamme gebracht und mit dem Spektroskop beobachtet. Zuerst erschienen alsdann die roten und grünen Kalziumlinien, dann die rote Kaliumlinie und zu gleicher Zeit, bei Anwesenheit von Lithium, das charakteristische Lithiumband. Sachs (1878) bediente sich der gleichen Methode.

#### *b) Ausbreitung der Stoffe in den Pflanzen.*

Boucherie (1840) teilt mit, daß bei Anwendung von Lösungen von Chemikalien um so weniger Gefäße zur Aufnahme herangezogen werden konnten, je tiefer (d. h. je näher der Wurzel) die Einführungsstellen lagen. Der Herbst erwies sich als die beste Zeit für diese Behandlung, jedoch konnte die Methode auch im Frühjahr und bei Koniferen auch im Winter angewandt werden. Tschermak (1896) hat an folgenden Pflanzen eingehende Untersuchungen angestellt: *Acer platanoides, Syringa vulgaris, Quercus imbricaria, Quercus pedunculata, Fraxinus excelsior, Ulmus montana, Betula alba, Pinus silvestris* und *Tsuga canadensis.* Verwandt wurden wässerige Lösungen von Lithiumchlorid, Baryumchlorid, Strontiumnitrat, Kalziumnitrat, Natriumchlorid und Eisenchlorid. Am geeignetsten erwies sich das Lithiumsalz. Tschermak wandte, wie bereits erwähnt, die „Trichtermethode“ und die „trockene Methode“ an. Bei einem Versuch mit Lithiumchloridlösung, die einem Baum *(Acer platanoides)* durch eine Wurzel zugeführt wurde, wurde, nachdem der Versuch 80 Stunden im Gang war, mit Hilfe der von Mac Nab erprobten Spektralanalyse folgende Feststellung gemacht. Das Lithium war in schmalem 3,5 cm breitem Streifen 1,5 m hoch gestiegen. Der Durchmesser des Stammes betrug an jener Stelle 15 cm. Bei 1,6 m Höhe, unterhalb der Gabelung des Stammes in zwei Seitenäste, war der Streifen 4,8 cm breit: er setzte sich in den-

jenigen Gabelast, der über der eintauchenden Wurzel abging, in einer Breite von 5 cm fort. Ein Meter über der Gabelung gab der Ast wieder zwei Seitenäste ab. Der linke zeigte in seinem ganzen Umfange (13,5 cm) Lithium; in dem rechten (11,5 cm Umfang) war das Salz nur in einer Breite von 2,9 cm aufgestiegen. An zwei weiteren Exemplaren von *Acer plantanoides* wurden Trichter in den Stamm eingesetzt und diese mit Lithiumchloridlösung gefüllt. Letztere wurde nur sehr langsam aufgesogen; sie stieg auch hier anfangs in schmalen Streifen auf, begann sich aber allmählich am Stammumfang zu verbreitern, bis endlich, und zwar in einem Falle nach sieben, in einem andern nach zehn Tagen, an der ganzen Stammperipherie, sowohl knapp über dem Bohrloche, als auch zwei Meter darüber Lithium nachgewiesen werden konnte. Die mit *Pinus silvestris* und *Tsuga canadensis* angestellten Versuche dürften insofern noch ein besonderes Interesse haben, als es sich hier um Gymnospermen handelt. Eine 66 cm lange Wurzel von *Pinus silvestris* tauchte mit ihrem abgesägten Ende (Umfang 16 cm) in eine Lithiumchloridlösung ein. Die nach zwei Tagen vorgenommene Untersuchung ergab, daß die Lösung in einem schmalen, 3—4 cm breiten Streifen aufgestiegen war. Nach fünf Tagen war die Stammperipherie mit Lithium imprägniert; der Stammumfang betrug oberhalb des Wurzelansatzes 77 cm. Weiterhin wurde einer *Tsuga canadensis* in einer Höhe von 1,5 m über dem Boden mit Hilfe der „Trichtermethode“ eine Lithiumchloridlösung eingeführt. Der Stamm hatte an jener Stelle 40 cm Umfang. Da die Absorption sehr rasch vor sich ging, konnte, dieweil der Versuch noch im Gang gelassen wurde, die Untersuchung bereits nach neun Stunden beginnen. Auch hier konnte Tschermak eine starke seitliche Ausbreitung des Lithiums nachweisen; bereits nach 24 Stunden war der ganze Stamm durchtränkt. Holzstücke, die drei Meter über der Einführungsstelle und außerdem auf der derselben gegenüberliegenden Seite dem Stamm entnommen wurden, wiesen bei der Untersuchung eine völlige Durchtränkung mit Lithium auf. Mokrzecki (1903) machte die Beobachtung, daß Bäume mit weichem Holz, zu denen fast alle Obstbäume gehören, Salzlösungen leichter leiten als Bäume mit Kernholz. Je zeitiger im Frühling die Lösungen eingeführt wurden, desto rascher wurde eine Wirkung erzielt. Für die Vornahme der Behandlung der Bäume durch Einführung von Salzen waren die Monate März, April und Mai besonders günstig. Je heißer und trockener das Wetter war, um so rascher wurden die Lösungen absorbiert. Ein kleiner Baum saugte in einem solchen Falle innerhalb 24 Stunden 8 Liter Flüssigkeit und mehr auf. In der Nacht wurde die Aufnahme stark verzögert. Wenn die Flüssigkeit vor der Luft eingedrungen war, gelangte dieselbe auch abwärts in die Wurzeln. Rankin (1917) stellte gelegentlich seiner Versuche mit Lithiumnitratlösungen fest, daß die behandelten Kastanienbäume während der ersten zwei Tage am meisten aufnahmen. Am fünften und sechsten Tage hörte die Aufnahme auf. Die Lösung war ober- und unterhalb der Einführungs-

stellen in die Rinde und den Splint eingedrungen. Bei Bäumen von weniger als 3 Zoll Durchmesser wurde das Kernholz völlig durchtränkt. Bei Bäumen mit größerem Durchmesser schien die Ausbreitung der absorbierten Flüssigkeit keinen bestimmten Regeln zu folgen.

*c) Menge der absorbierten Stoffe und Absorptionsgeschwindigkeit.*

Was speziell die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit betrifft, so teilt Rumbold (1913—15) hierzu folgendes mit: „Während der Vegetationsperiode (1913) wurden an 156 Bäume (Kastanien) behandelt. Berücksichtigt wurde hierbei auch das Wetter. Es war schwierig, diejenige Verdünnung zu finden, die die Bäume leicht aufnehmen, ohne daß sie dadurch abgetötet werden. Wenn die Bäume Schädigungen zeigten, hörte die Aufnahme auf, ob sie nun zwei Tage oder eine Woche im Gang war. Beabsichtigt war, den Bäumen ziemlich große Mengen verdünnter Lösungen einzuverleiben, in der Annahme, daß die Verdünnung die Giftigkeit in der Nähe und an der Einführungsstelle selbst vermindere. Gleichzeitig verließen sich die Versuchsansteller auf die Tendenz, daß die verholzten Zellwände die gelösten Substanzen (Farbstoff) zurückhalten, und so die Flüssigkeit bis zu ihrem Eintritt in die Blätter noch weiter verdünnt würde, so daß die letzteren nicht zu viel Farbstoff anspeichern würden. Die Behandlung konnte bereits im Februar und März vorgenommen werden, aber die Aufnahme war alsdann langsam. Am Tage war die Absorption stärker als bei Nacht. Im Laufe eines Monats wurden mehrere (bis sechs) Behandlungen an einem Baum durchgeführt. Es stellte sich heraus, daß manchmal, und zwar bei den letzten, mehr aufgenommen wurde, als bei den vorhergehenden. 93 Bäume wurden mit Kohlenwasserstoffderivaten der Benzinreihe behandelt, und zwar 7 im April, 17 im Mai, 26 im Juni, 33 im Juli und 10 im August. Im Mai fanden mehr als 17 Behandlungen unter Benutzung von mehr als zwei Einführungsstellen pro Baum statt. Je mehr Lösung ein Baum aufnahm, um so weniger wurde die Behandlung wiederholt. Mit Lösungen von Alkalimetallsalzen wurden 121 Bäume behandelt, und zwar 7 im April, 8 im Mai, 9 im Juni, 26 im Juli, 33 im August, 30 im September und 17 im Oktober. Die Menge der aufgenommenen Lösung war unabhängig vom Wetter und stets größer als die aufgenommene Menge Wasser (Kontrolle). Eine Ausnahme machten schwache Lösungen von Ammoniumverbindungen, Ameisensäure 1 : 6000 G. M.[1]), Kastanienrindenextrakt, Krebsextrakt[2]) und möglicherweise kolloide Lösungen von Metallen. Am meisten wurde in den ersten 24 Stunden aufgenommen, dann nahm die Aufnahme ab. Eine jeweils gleiche Anzahl von Bäumen, die im Juli mit Säuren, Alkalien und Wasser behandelt wurden, ließ in bezug auf die Aufnahme folgendes Resultat erkennen: Die Alkalien

[1]) Nähere Erklärung siehe Fußnote 1 S. 40.
[2]) Wässeriger Extrakt von kranker Rinde.

übertrafen die Säuren in den ersten 24 Stunden, aber in den zweiten 24 Stunden wurde nur die Hälfte der Menge aufgenommen; die Absorption schritt dann weiter fort, und zwar schneller, als dies bei den Säuren der Fall war. Infolge der schnellen Abnahme in der Aufnahme der Lösungen der Alkalimetallsalze wurden die Bäume einmal in der Woche behandelt. Die Aufnahme von Kohlenstoffverbindungen lief oft drei Wochen und länger ohne Unterbrechung. Das markanteste Beispiel hierfür war ein Versuch mit Paranitrophenol 1:1000 G. M. Diese Lösung lief 41 Tage ununterbrochen in den Baum. Die hierbei durch zwei Einführungsstellen aufgenommene Menge betrug 32,5 l. Organische Verbindungen wurden besser aufgenommen als Alkalimetallsalze, Schwermetallsalze nnd Wasser. Die tägliche Aufnahme von Kohlenstoffverbindungen war ziemlich unregelmäßig (es wird dies von der Versuchsanstellerin auf Unterschiede in der Transpiration zurückgeführt). Ein Baum, der mit einer Lithiumchloridlösung 1:200 G. M., und drei Bäume, die mit einer Lithiumchloridlösung 1:500 G. M. behandelt wurden, zeigten deutlich, wie unregelmäßig die tägliche Aufnahme bei der Einführung von Alkalimetallsalzen war. Aus diesen Versuchen war auch zu ersehen, daß um so mehr aufgenommen wurde, je stärker die Konzentration gewählt wurde. Die kolloiden Lösungen von Metallen wurden kleinen Bäumen einverleibt, und zwar im April, ehe sie Blätter bekamen. Alle diese Lösungen drangen langsam, aber stetig in die Bäume ein. Wässeriger Extrakt aus gesunder Rinde wurde schneller als der von kranker Rinde (Krebsextrakt) aufgenommen. Wurde dem Krebsextrakt etwas Zitronensäure beigefügt, so ging die Aufnahme schneller vor sich. Die aufgenommene Menge der Lösungen von Schwermetallsalzen entsprach annähernd der der Lösungen von Alkalimetallsalzen. Eine Lösung, die so konzentriert war, daß sie tödlich wirken mußte, wurde von deu Bäumen schneller aufgenommen, als schwächere Lösungen. Während der Behandlung der Bäume (von Ende April bis Oktober) wurden jeden Tag meteorologische Beobachtungen gemacht. Die aufgenommene Flüssigkeitsmenge[1]) betrug im Mittel pro Baum pro Tag bei einer sieben Tage anhaltenden Aufnahme

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| im | Monat | April | = 103 | ccm | pro | Tag | = 721 | ccm | pro | Woche |
| „ | „ | Mai | = 255 | „ | „ | „ | = 1785 | „ | „ | „ |
| „ | „ | Juni | = 299 | „ | „ | „ | = 2093 | „ | „ | „ |
| „ | „ | Juli | = 201 | „ | „ | „ | = 1407 | „ | „ | „ |
| „ | „ | August | = 229 | „ | „ | „ | = 1603 | „ | „ | „ |
| „ | „ | September | = 224 | „ | „ | „ | = 1568 | „ | „ | „ |
| „ | „ | Oktober | = 179 | „ | „ | „ | = 1253 | „ | „ | „ |

Ein Vergleich der Wetterbeobachtungen mit der Intensität der Aufnahme ergab, daß die letztere von der Stärke der Transpiration abhängig

[1]) Die Messung der aufgenommenen Lösungen geschah durch Wägung (1 g = 1 ccm); die Verdunstung der Lösungen in den Behältern blieb unberücksichtigt.

war. Die Unterschiede in der Menge der absorbierten Lösungen beruhten auf Witterungsunterschieden, die die Transpiration beeinflussen". Nach allem zu urteilen, glaubt Rumbold, daß der Monat Juni für die Behandlung der Bäume am geeignetsten ist.

*d) Die Behinderung der Absorption und der Ausbreitung von Stoffen durch in der Pflanze auftretende chemische Umsetzungen.*

Was die Behinderung der Ausbreitung von Chemikalien durch in der Pflanze auftretende chemische Umsetzungen betrifft, so stellte Pachassky (1903), der Eisensulfat zur Heilung befallener Obstbäume anwandte, fest, daß das in den Bäumen enthaltene Tannin rasch auf die Eisensalze reagiert und mit diesen Präcipitate von Eisentannaten bildet. Letztere aber stören die Zirkulation des Saftes, da sie die Leitbahnen verstopfen.

## 2. Versuche mit Farblösungen.

*a) Ausbreitung der Farblösungen in den Pflanzen.*

Versuche mit Lösungen von Farbstoffen, die ja am deutlichsten den Grad der Ausbreitung in der Pflanze anzeigen (eine besondere Methode des Nachweises ist hier ja nicht vonnöten), sind bereits im Jahre 1709 angestellt worden. Nach Pfeffer und Sachs hat um diese Zeit Magnol Untersuchungen vorgenommen, die ihm Aufschluß über den Verlauf des Saftstromes in der Pflanze geben sollten. Er verfuhr hierbei in der Weise, daß er abgeschnittene Zweige in Farblösungen einstellte. In Anbetracht dessen, daß es hier galt, ein allgemein interessierendes und zudem wichtiges Problem zu lösen, ist nun im Laufe der Zeit eine ganze Reihe diesbezüglicher Arbeiten entstanden (de la Baisse 1733), deren Inhaltswiedergabe hier zu weit führen würde. Im Nachfolgenden seien daher, wie auch im vorigen Abschnitt (Versuche mit Chemikalien), nur einige der wichtigsten Schriften referiert, insbesondere solche von Shewirjeff und Rumbold, die ja gerade die für die innere Therapie der Pflanzen wichtigen Momente berücksichtigen.

Shewirjeff berichtet in einer 1903 erschienenen Arbeit über seine im Jahre 1892 vorgenommenen Untersuchungen wie folgt:

1. Versuch. Eine Birke von 7 cm Durchmesser (in Brusthöhe) wurde mit Hilfe von 2 Röhren, die 1,5 cm tief an entgegengesetzten Seiten des Stammes, und zwar in 3 Fuß[1]) Höhe über dem Boden eingeführt wurden, behandelt. Das eine 0,001 %ige Eosinlösung enthaltende Reservoir wurde über den Einführungsstellen angebracht. Nachdem der Baum innerhalb 92 Stunden 1800 ccm Lösung aufgenommen hatte, wurde er gefällt und untersucht. 2 Fuß vom Wundkanal entfernt waren nur zwei Streifen gefärbt, dann aber wurden sie breiter und bildeten schließlich bei 3 Fuß in der Nähe des Phloems einen geschlossenen Ring. Das Phloem war

[1]) 1 Fuß = 30,5 cm.

ebenfalls gefärbt. In den Blättern und Zweigen konnte der Farbstoff jedoch nicht nachgewiesen werden, hingegen aber in einigen Wurzeln, und zwar bis zu 1,5 Fuß Tiefe.

4. Versuch. An einem Apfelbaum von 5,25 Zoll[1]) Durchmesser wurden 4,5 Fuß über dem Boden 2 Halbplatten angebracht und diese mit 0,001 %iger Eosinlösung gefüllt. Nach zwei Tagen Aufnahmedauer wurde der Stamm gefällt und die Wurzeln ausgegraben. Die Farblösung war u. a. bis 3,5 Fuß tief in den Boden in die Wurzeln eingedrungen. Das Meristem und das dieses umgebende Holz waren gefärbt.

5. Versuch. Drei Rebstöcken sollte unter Anwendung von 3 „Ernährungsröhren" eine 0,01%ige Eosinlösung einverleibt werden; es fand aber in den ersten zwei Tagen keine Aufnahme statt. Shewirjeff stellte daraufhin fest, daß die Apparatur für Pflanzen mit hartem Kernholz und dünnem Saftholz nicht geeignet ist. Mit derselben Flüssigkeit gefüllte Halbplatten hingegen bewährten sich gut (vgl. S. 9). Eine Stunde nach Beendigung des Versuchs (die Rebstöcke hatten in dieser Zeit je 200 ccm Lösung aufgenommen) konnte an den Blattstielen und Blattscheiden eine Färbung beobachtet werden. Bei einer Traube waren ebenfalls alle Adern gefärbt. Die Zweige, die sich auf der anderen Seite der Halbplatte befanden, waren nicht gefärbt. Eine besondere Färbung in den Wurzeln konnte nicht festgestellt werden, da deren natürliche Farbe der des Eosins glich.

6. Versuch. Eine Ulme *(Ulmus suberosa)* von 9 Zoll Durchmesser, die 4200 ccm Flüssigkeit (Farbstofflösung) aufgenommen hatte, zeigte am Tage nach Versuchsbeginn eine Bräunung der Blätter. Der Farbstoff war bis in die höchste Spitze (32 Fuß) emporgestiegen. Auch war eine Wurzel, und zwar bis zu einer Tiefe von 5 Fuß, gefärbt.

7. Versuch (wie 6. Versuch). Angewandt wurde eine 0,1 %ige Lösung von Indigocarmin. In drei Tagen wurden 3500 ccm aufgenommen. Der Farbstoff drang überall ein, nur nicht in die Wurzeln. Im übrigen verschwand der Farbstoff nach einiger Zeit aus den entnommenen Mustern wieder.

8. Versuch. Eine Esche von 9 Zoll Durchmesser, die innerhalb 7 Tagen 1400 ccm 0,01%ige Eosinlösung absorbiert hatte, zeigte noch 10,5 Fuß oberhalb und 1,3 Fuß unterhalb der Einführungsstellen eine Färbung. Die genaue Untersuchung der Wurzeln ergab, daß die Gefäße ebenfalls gefärbt waren.

9. Versuch. Einer Eiche von 12,25 Zoll Durchmesser wurden durch fünf 1½ cm breite Einschnitte 10 Quarts[2]) 0,03 %ige Methylenblaulösung einverleibt und später durch 3 Einschnitte derselben Größe weitere 34 Quarts verabfolgt. Nach etwa drei Wochen wurde der Baum gefällt und untersucht. Der Farbstoff war in alle Zweige eingedrungen. Das Meristem und die Markstrahlen waren ohne Unterbrechung bis 14 Fuß über den

[1]) 1 Zoll = 2,54 cm.

[2]) 1 Quart = ca. 1 Liter.

Einschnitten gefärbt. Da Shewirjeff Proben aus den Wurzeln nicht eingesandt wurden, konnten hier Ermittelungen nicht angestellt werden.

12. Versuch. Ein Rebstock von 1 Zoll Durchmesser, der 1690 ccm Methylenblaulösung aufgenommen hatte (1450 ccm 0,01 %ige und 240 ccm 0,03 %ige Lösung), zeigte gefärbte Wurzeln und Blattadern.

13. Versuch. Von drei gleichgroßen Rebstöcken, von einer gemeinsamen Wurzel kommend, wurden zwei mit Methylenblaulösung behandelt. Ein Stock nahm 630 ccm 0,05 %ige Lösung auf. Nach elf Tagen wurden ihm weitere 915 ccm einer 0,01 %igen Lösung einverleibt (total 1545 cm Flüssigkeit). Der zweite Rebstock nahm 1850 ccm 0,05 %ige Lösung auf; der dritte diente als Kontrolle. Etwa drei Wochen nach Beginn der Behandlung wurden alle Stöcke ausgegraben. Es wurde festgestellt, daß alle Wurzeln, auch die des nicht behandelten Rebstockes, mit Ausnahme des Marks, tief blau gefärbt waren. Shewirjeff bemerkt hierzu, daß es bei Sprößlingen, die eine gemeinsame Wurzel haben, genügt, die Lösung nur einem zuzuführen.

20. Versuch. Ein drei Jahre alter Rebstock, der 750 ccm 0,05 %ige Methylenblaulösung aufgenommen hatte, zeigte gefärbte Wurzeln bis zu einer Tiefe von 17,5 Zoll. Die Blätter waren jedoch nicht gefärbt.

21. Versuch. Ein Stock derselben Rebsorte wurde mit 1700 ccm der gleichen Lösung behandelt und alsdann ausgegraben. Die Untersuchung ergab, daß der Farbstoff in alle Wurzeln und Blattadern eingedrungen war.

25. Versuch. Eine *Crataegus*-Art von 2,5 Zoll Durchmesser (am Boden gemessen), die 3400 ccm 0,05 %ige ammoniakalische Lösung von Carmin aufgenommen hatte, zeigte eine Rotfärbung ihrer weißen Blütenblätter.

39. Versuch. Ein Apfelbaum und ein wilder Birnbaum von 7 Zoll Durchmesser (am Boden gemessen), beide mit Früchten gut behangen, wurden auf folgende Weise behandelt: Es wurden Halbplatten, die mit 0,05 %iger Methylenblaulösung gefüllt waren, angebracht und alsdann die gewöhnlichen Einschnitte gemacht. Im Verlaufe von $2\frac{1}{2}$ Tagen nahm jeder Baum 30,8 Liter auf. Nach drei Tagen wurden die Bäume gefällt und untersucht. Der Farbstoff wurde nur 2 Fuß ober- und unterhalb der Einschnitte gefunden, auch war nur der äußere Teil des Xylems gefärbt. Obwohl also der Farbstoff, der in vielen Fällen ausprobiert worden war, dem Stamm in großer Menge eingeführt wurde, wurde hier keine vollständige Durchfärbung erreicht.

Was nun die Arbeiten von Rumbold, betrifft, so hat diese ihre Versuche an zahlreichen Bäumen von *Castanea dentata*, die mit einem Pilz *(Endothia parasitica)* befallen waren, angestellt. Sie führte in die Bäume 0,01 %ige Eosin-, Methylgrün- und Kongorotlösungen ein. Obgleich die der Aufnahme dienenden Löcher in das Kernholz gebohrt wurden, drangen die Lösungen nur in die jüngsten Jahresringe und nur zum Teil

in das anliegende Gewebe ein. Die Farblösungen breiteten sich sowohl nach oben als auch nach unten aus. In die Wurzelspitzen drangen sie nicht ein. In den kleinen Ästen und Zweigen wiederum fanden sich ringförmige Farbflecke. Weiter unten im Stamm waren die Farblösungen nur im letzten Jahresring in Form von Flecken nachzuweisen. Die verschiedenen Farbstoffe verhielten sich in ihrer Wirkung verschieden. Eosin drang bis in die Blätter vor und war in der angewandten Konzentration giftig. Methylengrün verblaßte leicht. 1913 im April führte Rumbold den Bäumen Methylenblau, Kongorot und Trypanblau in Form einer 0,025$^0/_0$ igen Lösung ein. Als Versuchsobjekte dienten sechs kleine Bäume. Die Versuchsdauer betrug 20 Tage. Anfangs wurden die Lösungen schnell aufgesogen, und zwar am schnellsten die Methylenblaulösung. Der Versuch wurde erst dann beendet, als die Aufnahme stark nachließ. Im Oktober wurden die Bäume gefällt. Die Farben konnten sowohl in den Zweigen, als auch in den Wurzeln nachgewiesen werden. Nie jedoch konnte man sie aber in den jungen Trieben, die im Laufe des Jahres entstanden waren, feststellen. Bei der Einführungsstelle selbst wurden die Farben in drei Jahresringen und in der Rinde gefunden; sie blieben aber in einiger Entfernung von der Einführungsstelle auf den letzten Jahresring beschränkt. Wie schon gesagt, drang der größte Teil der Farben durch das Xylem der letztgebildeten Jahresringe ein, und zwar zuerst in die Frühjahrsgefäße, die die Leiter zu sein schienen. Auch die Sommergefäße waren tief gefärbt, ebenso die Tracheïden. Die Bäume, die mit Methylenblau behandelt waren, zeigten zerrissene Gewebe und Löcher in der Nähe der Frühjahrsgefäße. Spuren von Farben wurden auch in den Gefäßen des jungen Holzes gefunden. Im allgemeinen war jedoch hier nichts gefärbt. Mikroskopische Untersuchungen der Xylemzellen zeigten, daß die Farben von den Wänden der Zellen zurückgehalten wurden. Bei der Einführung von Salzlösungen wurden die gleichen Beobachtungen gemacht, obgleich der Weg, den dieselben nahmen, nicht so leicht verfolgt werden konnte wie bei den Farbstoffen. Immerhin konnte derselbe durch die Bildung von anormalem Rindengewebe, die in einiger Entfernung von der Aufnahmestelle verschwand, leicht nachgewiesen werden. Über die Ausbreitung von Farbstoffen in Bäumen gibt u. a. auch Aufschluß die Durchtränkung von lebenden Bäumen mit Farbstoffen zu gewerblichen Zwecken, wie sie zum Beispiel von der Färbbaumgesellschaft, Dresden, durchgeführt wird (vgl. S. 58). Auch sei hier auf die Versuche zwecks Feststellung der Wirkung der Farbstofflösungen auf die Pflanzen hingewiesen (vgl. S. 34).

### *b) Menge der absorbierten Farblösungen und Absorptionsgeschwindigkeit.*

Was die Menge der von den Pflanzen aufgenommenen Farblösungen betrifft, so liegen ebenfalls eine Reihe von Beobachtungen vor. Shewirjeff (1903) berichtet hierüber wie folgt:

1. Versuch: Eine Birke von 7 Zoll[1]) Durchmesser wurde unter Zuhilfenahme von 2 Röhren, die an entgegengesetzten Seiten in 3 Fuß Höhe angebracht wurden, behandelt. Die Bohrer selbst wurden $1^1/_2$ Zoll tief in den Stamm eingeführt. Als Lösung wurde eine 0,001 $^0/_0$ ige Eosinlösung gewählt. Das Reservoir war in einiger Höhe über den Röhren aufgehängt. In 25 Stunden absorbierte hier der Baum 800 ccm Flüssigkeit. Nun wurde das Reservoir unterhalb der Aufnahmestellen angebracht. Trotzdem ging die Absorption, wenn auch langsamer, vor sich. Nach 67 Stunden waren weitere 1000 ccm aufgesogen, im ganzen also 1800 ccm. Aus einer Zusammenstellung Shewirjeff's geht hervor, daß des Nachts im Durchschnitt 11 ccm pro Stunde, des Tags 35 ccm pro Stunde aufgenommen wurden.

2. Versuch. Anordnung wie bei vorigem Versuch. Die tägliche Aufnahme betrug zwischen 37 und 41 ccm. Das Wetter war kalt und regnerisch. Es wurde beobachtet, daß, sobald der Regen aufhörte, die Aufnahme intensiver wurde, einerlei ob es Tag oder Nacht war.

3. Versuch. Derselbe wurde Ende Mai bei klarem Wetter vorgenommen. Zwei benachbarte Birken von 3 Zoll Durchmesser wurden in einer Höhe von $4^1/_2$ Fuß mit je einem Rohr versehen. Die Bohrer wurden 1 Zoll tief geführt. Der eine Baum wurde mit einer 0,01 $^0/_0$ igen, der zweite mit einer 0,001 $^0/_0$ igen Lösung von Eosin behandelt. Nach 6 Stunden hatte der erste Baum $^1/_2$ Pinte[2]) aufgenommen; der andere Baum absorbierte $3^1/_2$ Quarts.

4. Versuch (in Nikilsky Sad [Südküste der Krim]). 2 Halbplatten wurden $4^1/_2$ Fuß über dem Boden an einem Apfelbaum von $5^1/_4$ Zoll Durchmesser angebracht und mit 0,001 $^0/_0$ iger Eosinlösung gefüllt. Der Baum absorbierte innerhalb 40 Minuten 1700 ccm.

5. Versuch (Gegend bei Jekaterinoslaw; ausgeführt von Chramov). Am 20. September wurden an einer Ulme *(Ulmus suberosa)* $4^1/_2$ Fuß über dem Bodem 3 Halbplatten angebracht. Der Baum hatte einen Durchmesser von 9 Zoll. Obwohl er bereits die Hälfte seines Laubes verloren hatte, begann sofort die Aufnahme; es wurden im ganzen 4200 ccm Eosinlösung absobiert.

7. Versuch. Wie 6. Versuch (vgl. S. 26), nur kam eine 0,1 $^0/_0$ ige Indigokarminlösung zur Anwendung. In drei Tagen wurden 3500 ccm aufgenommen.

8. Versuch. Eine Esche von 9 Zoll Durchmesser wurde mit einer 0,01 $^0/_0$ igen Eosinlösung behandelt; in sieben Tagen wurden 1400 ccm absorbiert.

9. Versuch. (Gerbovetskaya Dalcha, Prov. Beßarabien) 2 Halbplatten wurden an einer Eiche von $12^1/_4$ Zoll Durchmesser angebracht und 5 Einschnitte von $1^1/_2$ cm Größe angefertigt. Zur Anwendung kam eine

[1]) 1 Zoll = 2.54 cm.
[2]) 1 Pinte = ca. $^1/_2$ Liter.

0,03 %ige Methylenblaulösung. Am ersten Tage wurden innerhalb 5 Stunden 10 Quarts aufgenommen. Am Tage darauf wurden 3 Halbplatten an demselben Baume angebracht; auf jede derselben kamen 3 Einschnitte von 1½ cm Größe. Von 10 a. m. bis 9 p. m. wurden 31 Quarts absorbiert und nachts von 9 p. m. bis 7 a. m. nochmals 3 Quarts.

10. Versuch. Am gleichen Platze wurde weiterhin eine Eiche von 7 Zoll Durchmesser mit 3 Halbplatten versehen. Auf jede dieser Halbplatten kamen 2 Einschnitte von 1½ cm Größe. Als Flüssigkeit wurde ebenfalls eine 0,03%ige Lösung von Methylenblau gewählt. In diesem Falle wurden innerhalb 7 Stunden 19 Quarts aufgenommen. Während der Nacht und zwar bis 7 a. m. wurden 5 Quarts, am nächsten Tage jedoch 12½ Quarts (innerhalb 12 Stunden) und darauf (nachts) 4 Quarts absorbiert. Am dritten Tage wurden tagsüber 14¼ Quarts aufgenommen. Infolge eintretenden Regens hörte die Aufnahme auf. Im ganzen absorbierte der Baum innerhalb 53 Stunden 38,5 Liter.

Shewirjeff schreibt nun über seine Versuche etwa wie folgt:

„Die diesjährigen Versuche lenkten meine Aufmerksamkeit auf die Wirksamkeit der angewandten Stoffe. Bei einer schwachen Konzentration wurde Eosin leicht aufgenommen, aber sie gibt eine schwache Färbung, welche schwer von der natürlichen roten Farbe der Gewebe einiger Pflanzen zu unterscheiden ist. Dies geht aus den fehlgeschlagenen Versuchen mit Weinreben hervor. Dasselbe Eosin wird, wenn in einer konzentrierten Lösung angewandt, wegen seiner äußerst giftigen Eigenschaften nur während einer kurzen Zeit aufgenommen. Andere Farbstoffe, mit denen Versuche angestellt wurden, waren mit Ausnahme von Methylenblau ebenfalls unbrauchbar. Für weitere Versuche verwandte ich daher Methylenblau, welches nicht sehr giftig ist und eine deutliche Färbung in allen Bäumen hervorruft. Nachdem ich auf diese Weise einige gute Ergebnisse mit meinen Versuchen erzielt hatte, veröffentliche ich kurz die Resultate, welche im Anfang dieses Buches erwähnt worden sind und berichtete darüber in einer Konferenz am 6. März 1895, auf welcher Maßnahmen zur Bekämpfung der Reblaus besprochen wurden. Ich wurde daraufhin von dem Landwirtschaftsministerium nach dem Kaukasus gesandt, um dort meine Versuche fortzusetzen. Hier erhielt ich zwei Weinberge, die eine bezw. drei Meilen von den Baumschulen entfernt lagen. Hier brachte ich meine Platten an. Die Aufnahme ging sehr schön vor sich, aber die weite Entfernung verdarb oft die ganze Arbeit, denn jede Abwesenheit vom Weinberg kam einer Aufgabe des angefangenen Versuches gleich. Bei meiner Rückkehr fand ich immer trockene und leere Platten vor. Trotzdem sind einige Versuche eines Berichtes wert.“ Jene Versuche mit Rebstöcken seien ebenfalls hier wiedergegeben.

12. Versuch. Ein Rebstock von 1 Zoll Durchmesser wurde mit Hilfe einer Platte mit einer 0,01 %igen Lösung von Methylenblau behandelt

und zwar wurden hierbei zwei $^1/_2$ cm tiefe Einschnitte an entgegengesetzten Seiten angebracht. Innerhalb 8 Stunden (tagsüber) wurden 1000 ccm absorbiert. Während der Nacht war es feucht und kühl; die Aufnahme betrug von 7 p. m. bis 7 a. m. nur 130 ccm; von 7 a. m. bis 10 a. m. 170 cm, also insgesamt 1300 ccm. Die Platte wurde hierauf frisch gefüllt, aber es wurden im ganzen nur noch 150 ccm aufgenommen. Die Aufnahme betrug also am ersten Tage, bevor die Platte austrocknete, 1300 ccm, während nach der Austrocknung nur noch 150 ccm aufgenommen wurden. Dieses Beispiel zeigte, wie wichtig es war, die Aufnahme nicht zu unterbrechen. Später wurde eine neue Platte an dem Rebstock angebracht und mit einer 0,03 $^0/_0$igen Methylenblaulösung gefüllt. Außerdem wurden neue Einschnitte gemacht. Von 12 bis 6 p. m. wurden 185 ccm aufgenommen; von 6 p. m. bis 5 p. m. (folgender Tag) 55 ccm, dann hörte die Aufnahme auf.

13. Versuch. Drei gleichgroße Rebstöcke, die 6 Fuß voneinander entfernt lagen, aber eine gemeinsame Wurzel hatten, wurden wie folgt behandelt. An einem Stock wurde eine Platte, die eine 0,05 $^0/_0$ige Methylenblaulösung enthielt, angebracht. Der Stock nahm von 8 a. m. bis 9 p. m. 630 ccm auf. 11 Tage später wurde eine neue Platte angebracht. Von 8,30 a. m. bis 5 p. m. des folgenden Tages nahm dieser Stock 915 ccm auf; im ganzen also (bei beiden Behandlungen) 1545 ccm. An dem zweiten Weinstock wurde eine Platte, die mit einer 0,05 $^0/_0$igen Lösung von Methylenblau beschickt war, angebracht. Die Absorption erfolgte durch drei Einschnitte. Am ersten Tage wurden 970 ccm; in den folgenden drei Tagen bei ununterbrochener Aufnahme 360, 300 und 220 ccm aufgenommen; also zusammen 1850 ccm.

14. Versuch. Angewandt wurde eine 0,05 $^0/_0$ige Methylenblaulösung. Die Aufnahme erfolgte durch 3 Einschnitte. Von 10 a. m. bis 8 p. m. wurden 177 ccm (muß wohl 1760 ccm heißen) aufgenommen; in den nächsten zwei Tagen 380 ccm und 175 ccm, im ganzen 2315 ccm. Die in den ersten 50 Minuten aufgenommenen Mengen betrugen in Abständen von je zehn Minuten 190, 130, 120, 100 und 70 ccm. In den achten zehn Minuten belief sich die Aufnahme auf 60 und in den zehnten zehn Minuten nur noch auf 40 ccm.

15. Versuch. Angewandt wurde eine 0,05 $^0/_0$ ammoniakalische Karminlösung. Innerhalb 6 Stunden (9 a. m. bis 3 p. m.) wurden 140 ccm aufgenommen; eine weitere Absorption erfolgte nicht.

16. Versuch. Angewandt wurde derselbe Stoff, jedoch in einer 0,02 $^0/_0$igen Lösung. Von 12 p. m. bis 8 p. m. des anderen Tages wurden 230 ccm aufgenommen. Auch hier erfolgte keine weitere Aufnahme.

17. Versuch. Angewandt wurde eine 0,01 $^0/_0$ige Lösung von Eosin. Innerhalb 6 Stunden wurden 40 ccm aufgenommen; eine weitere Aufnahme erfolgte nicht.

| Datum | Aufnahmezeiten | Art der Flüssigkeit | aufgenommene Menge ccm | Wetter |
|---|---|---|---|---|
| 18. August | 8 a. m. — 9 a. m. | 0,05 %ige Methylenblaulösung | 230 | Von 9 a. m. bis 4 p. m. Regen. |
| 18. August | 9 a. m. —10 a. m. | | 90 | |
| 18. August | 10 a. m. — 4 p. m. | | 0 | |
| 18. August | 4 p. m. — 7 p. m. | | 70 | Bis 6,30 p. m. Sonne. Abends und während eines Teils der Nacht Regen. |
| 18./19. August | 7 p. m. — 7 a. m. | | 50 | |
| 19. August | 7 a. m. —10 a. m. | | 165 | Bis 9 a. m. Regen, dann Sonnenschein. |
| 19. August | 10 a. m. —12 p. m. | | 335 | |
| 19. August | 12 p. m. — 1 p. m. | | 530 | |
| 19. August | 1 p. m. —11 p. m. | | ? | — |
| 19./20. August | 11 p. m. — 8 a. m. | | 50 | — |
| 20. August | 8 a. m. —10 a. m. | | 40 | Sonnenschein |
| 20. August | 10 a. m. — 5 p. m. | | 185 | — |
| 20. August | 5 p. m. —12 a. m. | | 125 | — |

18. Versuch. Angewandt wurde eine 0,01 %ige Lösung von Fuchsin. Innerhalb 6 Stunden wurden 180 ccm aufgenommen; eine weitere Aufnahme erfolgte nicht.

20. Versuch. Ein drei Jahre alter Rebstock wurde mit einer 0,05 %igen Lösung von Methylenblau behandelt. Es wurden 3 Einschnitte gemacht. Während 12 Nachtstunden wurden im ganzen 750 ccm aufgenommen.

21. Versuch. Wie der vorige; die Aufnahme erfolgte während des Tages, und zwar wurden innerhalb 12 Stunden 1700 ccm aufgenommen.

22. Versuch. Wie voriger Versuch, nur war das Wetter unbeständig. Es wurde festgestellt, daß die Aufnahmegeschwindigkeit bei regnerischem Wetter abnimmt. Die Gesamtaufnahme in 2½ Tagen betrug hier 1850 ccm. Eine Tabelle, aus der Einzelheiten, wie der Einfluß des Regens usw. auf die Absorption zu ersehen sind, ist oben wiedergegeben[1]).

Ferner wurden noch folgende Versuche angestellt:

25. Versuch. Ein *Crataegus* von 2½ Zoll Durchmesser (am Boden gemessen) wurde mit einer 0,05 %igen ammoniakalischen Lösung von Karmin behandelt. Innerhalb 2½ Tagen wurden 3400 ccm absorbiert.

27. Versuch. Eine 15 Jahre alte Fichte nahm in sieben Tagen durch vier ½ cm tiefe Einschnitte 1630 ccm Methylenblaulösung auf.

28. Versuch. Eine Birke von demselben Alter absorbierte unter denselben Bedingungen wie im vorhergehenden Versuch in 2½ Tagen 1770 ccm Methylenblaulösung (%?).

[1]) In der dem Referat beigefügten Tabelle ist die während der Zeit zwischen 1 p. m. bis 11 p. m. (19. 8.) absorbierte Menge nicht angegeben. Außerdem ergibt die Addition nicht 1850, sondern 1870 ccm.

29. Versuch. Ein Apfelbaum und ein wilder Birnbaum von 7 Zoll Durchmesser (am Boden gemessen), beide mit Früchten gut behangen, nahmen in $2^1/_2$ Tagen je 30,8 l 0,05 $^0/_0$ige Methylenblaulösung auf.

### c) Versuche zwecks Feststellung der Wirkung der Stoffe auf die Pflanzen.

Zu den Versuchen, von deren Ergebnissen sozusagen alles abhängt, gehören auch diejenigen, welche sich mit der Wirkung der verschiedenen Stoffe auf die Pflanzen befassen. In der Hauptsache kommt es hier darauf an, solche Stoffe zu prüfen, von denen eine hohe immunisatorische Wirkung auf irgendwelche Parasiten erwartet werden darf. Hierbei ist es wiederum wichtig, die ohne Schaden ertragene Höchstdosis unter Berücksichtigung der Begleitumstände festzustellen. Durch das Entgegenkommen der Roeßler & Haßlacher Chemical Co., New York, die mir, wie bereits erwähnt, ein von Herrn Voge abgefaßtes, ausführliches Referat über einschlägige Arbeiten zukommen ließ, bin ich in der Lage, auf jenen Gegenstand besonders ausführlich einzugehen. Es war mir hieran umsomehr gelegen, als sich meine eigenen Versuche ebenfalls, und zwar hauptsächlich mit diesem Problem befassen.

Was die diesbezüglichen Versuche der deutschen Pflanzenphysiologen, so diejenigen von Pfeffer, Sachs, Straßburger und Wieler betrifft, so ergaben diese, daß gewisse fremde Substanzen durch das pflanzliche Gewebe geleitet werden können, ohne daß es hierdurch geschädigt wird. Andererseits wurde festgestellt, daß wiederum eine große Anzahl von Stoffen für die Pflanzen giftig ist. Im allgemeinen ist die Reaktion der Pflanze auf Gifte wie folgt (vgl. auch Noll im Lehrbuch der Botanik für Hochschulen): In sehr kleinen Mengen rufen dieselben keine Schädigungen an den Pflanzen hervor. In größeren Mengen in die Pflanze eingeführt, bewirken sie eine Erhöhung der Aktivität der Pflanze und regen das Wachstum an. Noch größere Dosen setzen die Lebenstätigkeit der Pflanzen herab und weitere Mengen bringen sie zum Absterben. Sie wirken aber oft schon schädlich bei Verdünnungen, die analytische Reaktionen nicht mehr ergeben. Es wurde im übrigen auch ermittelt, daß Pflanzen bis zu einem gewissen Grad an Gifte gewöhnt werden können, und es gelang auf diese Weise Mengen in dieselben einzuführen, die normalerweise für die Pflanzen schädlich gewesen wären.

Gaunersdorfer (1887) untersuchte die Wirkung von Lithiumsalzen auf die Pflanzen. Letztere reagierten auf die Lösungen der genannten Salze, indem sie das Laub abwarfen. Gaunersdorfer glaubt im übrigen, daß junge Blätter gegen den Einfluß des Lithiums insofern geschützt seien, als ihnen wasserleitendes, verholztes Gewebe fehlt.

Shewirjeff (1903) machte im Verlauf seiner Versuche folgende Beobachtungen:

3. Versuch: Zwei Birken von 3 Zoll Durchmesser wurden mit 0,01- und 0,001%igen Lösungen von Eosin behandelt. Nachdem der eine Baum 1/2 Pinte[1]) der 0,01%igen Lösung aufgenommen hatte, trocknete er ein; alle Blätter waren bereits am Abend dürr. Im ganzen hatte derselbe nur 0,00005 lb.[2]) Eosin aufgenommen. Der andere Baum absorbierte 3 1/2 Quarts 0,001%ige Lösung oder 0,00007 lb. Eosin. Dieser Baum sah während des ganzen Sommers gesund aus, starb aber im Frühjahr ab. Shewirjeff schließt daraus, daß bei Anwendung geringerer Konzentrationen die Gefahr der Schädigung für die Pflanzen herabgesetzt wird.

5. Versuch. Drei Rebstöcke wurden mit einer 0,01%igen Eosinlösung behandelt. In einer Stunde wurden 200 ccm von jedem der Rebstöcke aufgenommen. Eine Stunde, nachdem die Aufnahme aufgehört hatte, konnte man eine rote Färbung der Adern der Blattstiele und der Blattspreiten bemerken; auch begannen die Blätter einzutrocknen. Die Zweige jedoch, die sich auf der anderen Seite der Halbplatten befanden, blieben gesund und grün.

6. Versuch (von Chramov ausgeführt). Einer Ulme (*Ulmus tuberosa*) von 9 Zoll Durchmesser wurden 4200 ccm Eosinlösung (% ?) einverleibt. Am folgenden Tage nahmen die Blätter eine bräunliche Färbung an, schrumpften aber, obgleich sie noch gesund aussahen, ein und starben ab.

12. Versuch. Einem Rebstock von 1 Zoll Durchmesser wurden in etwa drei Wochen 1690 ccm Methylenblaulösung und zwar 1450 ccm 0,01%ige und 240 ccm 0,03%ige Lösung einverleibt. Der Rebstock blieb am Leben.

17. Versuch. Ein Weinstock, der in 6 Stunden 40 ccm 0,01%ige Eosinlösung aufgenommen hatte (eine weitere Aufnahme erfolgte nicht) trocknete bereits am nächsten Tage ein.

18. Versuch. Ein Rebstock, der in sechs Stunden 180 ccm 0,05%ige Fuchsinlösung aufgenommen hatte (eine weitere Aufnahme erfolgte nicht), starb ab.

Dezani (1911 und 1913) hat nachgewiesen, daß Blausäure von Pflanzensäften leicht umgewandelt wird; eines der Umwandlungsprodukte ist Ammoniak. In Versuchen an lebenden Pflanzen (Mais, *Canape nostrana)* sollte das Verhalten der Blausäure und ihre Bedeutung für den Stickstoffumsatz der Pflanzen noch näher erforscht werden. Wurde eine 0,01 g Blausäure entsprechende Kaliumzyanidlösung eingeführt, so wurde ein Teil der Blausäure aus den Blattachseln sezerniert; die Pflanze ging nach 24 Stunden zu Grunde. Diese Giftwirkung war keine Folge der Alkalität des Kaliumzyanids; auch freie Blausäure erwies sich als starkes Gift. Sukzessive aufgenommene, kleinen Kaliumzyaniddosen entsprechende Mengen Blausäure und zwar 0,0002, 0,0005 und 0,0013 g konnten ohne merkliche Schädigung ertragen werden. 24 Stunden nach der letzten Behandlung

[1]) 1 Pinte = ca. 1/2 Liter.
[2]) 1 lb. = 1 Pound = 436 Gramm.

ließ sich in der Pflanze keine Blausäure mehr nachweisen. Besondere Versuche zeigten, daß die verschwundene Blausäure in der Pflanze umgewandelt, und nicht in die Atmosphäre oder durch die Wurzeln exhaliert worden war. Versuche, stickstoffrei ernährte Pflanzen das Kaliumzyanid als Stickstoffquelle zu substituieren, scheiterten an der Empfindlichkeit der auf Nährlösung gezüchteten Maispflanzen in bezug auf diese Art der Behandlung.

Surface (1914), der zusammen mit Williams einen vor einigen Wochen behandelten Obstgarten besichtigte, stellte Verbrennungen[1]) und ein Absterben des Gewebes fest; die Schäden ließen sich etwas unterhalb und eine große Strecke oberhalb der Einführungsstellen nachweisen. Außerdem wurde Surface von einem andern Obstgarten berichtet, der durch Zyanbehandlung verbrannt[1]) und somit zerstört worden war. Von der Fertilizing Scale C$^{\underline{y}}$. behandelte Bäume, die Surface ebenfalls besichtigte, waren abgestorben.

Sanford (1915), der einen Pfirsichbaum mit Kaliumzyanid gefüllt hatte, hat später das Holz und auch die Rinde bei der Einführungsstelle untersucht. Er stellte eine Verfärbung in einer Ausdehnung von $^1/_8$ Zoll um das Bohrloch fest. Eine weitere Veränderung konnte er nicht wahrnehmen. Sanford ist nicht sicher, ob eine so starke Wirkung hervorgerufen worden wäre, wenn man das Loch offen gelassen hätte. Als Beweis dafür, daß die Rinde nicht besonders in Mitleidenschaft gezogen war, führt er die Tatsache an, daß sie bereits anfing, über die Öffnung zu wachsen.

Shattuck (1915), der Versuche mit Kaliumzyanid an Ulmen und Akazien vornahm, nimmt Bezug auf den von Surface (1914) in der Sience veröffentlichten Artikel. Er ist der Meinung, daß die Flecken, die im Kambium und in der Rinde festgestellt wurden, von der Reaktion des Tannins, das sich in allen Bäumen findet, und dem Eisen, das in der sogenannten „Baumnahrung" in Form von Eisensulfat vorhanden war, herrühren. Bekanntlich ergeben Tanninsäurelösungen, mit Eisen oder eisenhaltigen Salzen zusammengebracht, dunkle, tintenartige Niederschläge. Das Kaliumzyanid, das Shattuck seit Jahren zur Bekämpfung von Bohrern in verschiedenen Bäumen angewandt hat, hat nie Flecke verursacht, noch ist etwas von einer tödlichen Wirkung oder einer Beschädigung der behandelten Bäume bekannt geworden. Shattuk hat Kaliumzyanid während 12 Jahren seiner forstlichen Tätigkeit angewandt und auch für andere zum Gebrauch vorgeschrieben; er behauptet, durch die Methode tausende von Bäumen gerettet zu haben.

Flint (1915), der fünfzig 1—7 Zoll dicke Akazienbäume mit Kaliumzyanid und Natriumzyanid behandelt hat, berichtet darüber etwa wie folgt:

[1]) Unter Verbrennung versteht man eine Oxydation; es ist somit falsch, durch chemische Stoffe hervorgerufene Blattbeschädigungen allgemein als Blattverbrennung anzusprechen. Besser sind hier Bezeichnungen wie Bräunung usw.

„Das Zyan wurde als solches in die Löcher gebracht, und zwar in einer Menge von $^1/_{20}$ bis $^1/_2$ oz. 14 Bäume wurden im März und 36 Bäume im April behandelt; die Ergebnisse wurden im Juli festgestellt. 8 Bäume konnten nicht wieder aufgefunden werden; von den übrigen waren 23 tot, 19 hingegen lebend. Wenn auch etwa die Hälfte der behandelten Bäume abgestorben war, so war dies doch nicht allein auf die Wirkung des Zyans zurückzuführen, da wenigstens 25 % der unbehandelten Bäume infolge der Bohrerschäden abgestorben waren. Es kann aber auch kein Zweifel darüber herrschen, daß das Zyan einen sehr schädlichen Einfluß auf die Bäume hatte, da auch bei allen lebenden Bäumen die Rinde tot und das Holz in mehr oder weniger großem Umfang an den Löchern, die das Zyanid enthielten, verfärbt war. Die in den behandelten Bäumen befindlichen Bohrer (Käferlarven) waren, wie auch in den Kontrollbäumen, nicht abgestorben."

Moore und Ruggles (1915) teilen mit, daß sie mit festem Zyan behandelte Pflanzen *(Geranium)* nach einigen Tagen untersuchten und dabei die Feststellung machten, daß, sobald die Zyanlösung eine Blattachse erreichte, der Blattstiel in einer Entfernung von $^1/_2$ Zoll von seiner Ansatzstelle verwelkte. Das Blatt hing alsdann von der Pflanze herab Ähnliche Ergebnisse wurden erzielt, wenn das Zyanid einen saftigen Sproß erreichte. Das Präparat schien das Gewebe zu zerstören. Man konnte im übrigen keine Zyanidnachweise an solchen Stellen erhalten, die über dem beschädigten Teil, also über der Befestigungsstelle des Blattes gelegen waren. Die Reaktion an jener Stelle selber war jedoch stärker als am Hauptstamm, gleichgültig ob hier oberhalb oder unterhalb der Ansatzstelle des Zweiges die Prüfung stattfand. Ferner wurde festgestellt, daß das Zyanid vornehmlich auf der oberen Seite in die Seitenzweige eindrang. Moore und Ruggles glauben, daß in holzigen Bäumen, wo ja der Weg durch die älteren Tracheen geht, für den Baum keine Gefahr besteht, da diese Tracheen bereits abgestorben sind. Sie nehmen an, daß nur übermäßige Mengen schädlich werden und halten es für möglich, daß die Menge, die Sanford bei seinem Pfirsichbaum angewandt hat, als Anreiz auf den Baum wirkte, wie dies ja bei Durchgasungen bei Gewächshäusern beobachtet wurde.

Wellhouse (1916), der Versuche an Gewächshauspflanzen *(Coleus)*, die mit Blattläusen *(Dactylopius)* befallen waren, anstellte, machte in bezug auf die Wirkung von Kaliumzyanid 98 % auf die Pflanzen folgende Beobachtungen: 2—3 Stunden nach der Einführung von $^1/_2$—3 Milligramm des Stoffes in den Stengel, wurde bei den 15 behandelten Pflanzen eine Bräunung der Ränder der Einführungsstellen festgestellt, und nach ein paar Tagen war der Stengel an dieser Stelle zusammengeschrumpft und geknickt (vgl. Abb. 7). Die Gewebe schienen wie verbrannt. Pflanzen *(Coleus)*, die zur Kontrolle dienten, und die in der gleichen Weise wie die



Abb. 7. „Potassium Cyanide Injections" nach Wellhouse.

1. Eine Coleus-Pflanze, die mit einem Bohrloch versehen wurde (——>), das aber nicht beschickt wurde.
2. Eine Coleus-Pflanze, in welche Kaliumzyanid durch ein Bohrloch (——>) eingeführt wurde.
3. Ein Apfelbaum mit einem dunklen Streifen ober- und unterhalb des Bohrlochs. Letzterer wurde durch das eingeführte Kaliumzyanid hervorgerufen.
4. Lebende Ulmenbohrer (——>), die nach der Behandlung des Baumes mit Kaliumzyanid festgestellt wurden.

behandelten verletzt wurden und den gleichen Wundverschluß (Verschluß mit Paraffin) erhielten, waren hierdurch in keiner Weise in Mitleidenschaft gezogen. Weiterhin stellte Wellhouse Versuche an mehr als 50 mit Bohrern befallenen Bäumen an. Als solche kamen in Betracht: Ulme, Apfel, Birne, Pflaume, Aprikose, Orange, *Ailanthus*, Weide und Fichte. Die Tiefe der Bohrlöcher betrug 1—3 Inches; ihr Durchmesser war $^1/_2$—$^3/_8$ Inches. Die Entfernung der Einführungsstellen vom Boden variierte zwischen einigen Inches bis vier Fuß. Die angewandten Mengen Kaliumzyanid 98% betrugen 1—10 g. Der Verschluß geschah mit Hilfe von Korkstopfen. Zur Kontrolle wurden eine Reihe von Bäumen in der gleichen Weise behandelt; das Kaliumzyanid blieb in diesen Fällen natürlich weg. Die Versuche wurden am 31. März und am 1. April vorgenommen. Am 10. Mai wurden die Korkstopfen entfernt und festgestellt, daß sich das Zyanid völlig aufgelöst hatte. Ein schwacher Geruch (wohl nach HCN) schien wahrnehmbar, und das Holz, das die Einführungsstellen umgab, war feucht und dunkelbraun. Nach diesen Feststellungen wurden die meisten der Öffnungen wieder mit den Korkstopfen verschlossen. Am 3. Juni schienen im Vergleich mit anderen die behandelten Bäume dunkleres und gesunderes Laub zu haben. Nunmehr wurden die Korke wieder entfernt, und bei einigen Bäumen die Rinde in der Umgebung der Bohrlöcher weggeschnitten. Es wurde festgestellt, daß das Kambium und das Holz etliche Inches ober- und unterhalb der Einführungsstellen dunkel und trocken waren. Die Schädigung wies im übrigen keine seitliche Verbreitung auf und ging nicht tiefer als das Bohrloch. Am 22. November wurde die Rinde dieser Bäume in größerer Entfernung von den Bohrlöchern weggeschnitten. Die Ergebnisse waren gleichartig. Das Holz war ober- und unterhalb der Einführungsstellen, wo das Zyanid hingekommen war, geschwärzt (vgl. Abb. 7). Die Kontrollbäume hingegen waren unverändert. Die schwarzen Stellen des Holzes, die am 3. Juni festgestellt wurden, waren, wie auch eine öftere Kontrolle erkennen ließ, größer geworden. Im übrigen war das gesunde Holz, das sich zu beiden Seiten des beschädigten befand, bestrebt, die durch das Zyanid hervorgerufene Schädigung zu heilen. Als Endergebnis wurde festgestellt, daß die behandelten Bäume ein besonders dunkles, grünes Laub bekamen.

Rankin (1917) hat Kastanienbäume mit 0,01—0,002 %igen Lösungen von Lithiumnitrat behandelt. Außer Flecken traten keine Schädigungen an den Blättern auf.

Raybaud (1921), der Feigenbäumen, ferner *Pinus pinea*, *Pinus silvestris* und *Ligustrum* kristallisiertes Kaliumferrozyanid einverleibt hat, stellte fest, daß es den Feigenbäumen schädlich war, während die anderen Bäume unbeeinflußt blieben.

Elliot (1917) beschreibt die Wirkung von Kaliumzyanid auf Holzpflanzen und Kräuter. Er wählte Kristalle von Kaliumzyanid, und zwar sollte

der Saft der Pflanzen dieselben auflösen. Das Präparat selbst wurde zu diesem Zweck unter die Rinde gebracht. Die pflanzlichen Gewebe, die mit der sich bildenden Lösung in Berührung kamen, wurden von derselben abgetötet. Die Witterung war hier von großem Einfluß auf die Wirkung. Bei kaltem, feuchten Wetter war dieselbe nämlich langsamer, und die Beschädigungen dementsprechend nicht so stark. Elliot fand, daß die Transpirationsgeschwindigkeit die Schnelligkeit der Ausbreitung der Lösung in der Pflanze beeinflußt. Ging die Transpiration schnell vor sich, so hatte die Lösung keine Zeit, in die umgebenden Zellen einzudringen.

Rumbold (1920) teilt mit, daß sich eine schädliche Wirkung von Salzlösungen, die Bäumen *(Castanea dentata)* einverleibt wurden, insofern zeigte, als im Stamm vertikale Streifen von totem Gewebe auftraten. Die Äste und Zweige, deren Gefäßsystem auf diesem Wege lag, waren abgestorben. Sehr oft war nur eine Seite des Zweiges beschädigt. Alle Stadien von Wirkungen konnten an einem Baum beobachtet werden, und zwar konnte man finden:

1. Totes Gewebe an den Aufnahmestellen;
2. abgestorbene Blätter an den Zweigen in der Nähe der Aufnahmestellen;
3. gefleckte Blätter in weiter Entfernung von den Aufnahmestellen;
4. keine sichtbaren Zeichen, und dies in sehr großer Entfernung von den Aufnahmestellen.

Die Art, in welcher die Bäume reagierten, hing von der Zeit, zu der die Behandlung erfolgte und von der Konzentration der Lösung ab. Konzentrierte Lösungen wirkten schneller als verdünnte; sie waren im allgemeinen schädlich. Die verschiedenen Stoffe, die Rumbold in bezug auf ihre Wirkung auf *Castanea dentata* geprüft hat, sind nachfolgend verzeichnet.

**Übersicht über die von C. Rumbold 1912—1915 verwandten Stoffe nebst Analyse des zur Herstellung der verschiedenen Lösungen und Verdünnungen verwandten Wassers.**

Analyse des Wassers:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . . . | 5,8 Milligramm im Liter |
| Schwefelsäure . . . . . . . | [illegible] |
| Salpetersäure . . . . . . | |
| Kohlensäure . . . . | |
| Chlor . . . . . . | |
| Eisen . . . . . | |
| Aluminium . . . . | |
| Calcium . . . . . | |
| Magnesium . . . . | |
| Kalium . . . . . . | |
| Natrium . . . . . | |

(Blei, Kupfer und auch Schwe

Anorganische Verbindungen:

Kupfersulfat
Kupferchlorid
Zinkkarbonat
Quecksilberchlorid
Kaliumchromat
Kaliumbichromat
Baryumchlorid
Kupferhydroxyd (kolloidal, mit Schutzkolloiden ausgestattet)
Silber (kolloidal)
Quecksilber (kolloidal)
Kaliumkarbonat
Kaliumhydroxyd
Kaliumsulfat
Ammoniumkarbonat
Ammoniumchlorid
Ammoniumhydroxyd
Ammoniumsulfat
Natriumkarbonat
Natriumchlorid
Natriumhydroxyd
Lithiumkarbonat
Lithiumchlorid
Lithiumsulfat
Lithiumhydroxyd
Lithiumnitrat

Organische Verbindungen:

Methylalkohol
Formalin
Essigsäure
Ameisensäure
Milchsäure
Zitronensäure
Anilinsulfat
Phenol
karbolsaures Natrium (a. Karbolsäure u. kaust. Soda hergest.)
Phenolnatrium
Paranitrophenol
Orthonitrophenol
Pikrinsäure
Metakresol
Parakresol
Thymol
Pyrocatechin
Pyrogallussäure
Phloroglucin
Bittermandelöl
Benzoesäure
Salizylsäure
wässeriger Extrakt aus gesunder Kastanienrinde
wässeriger Extrakt aus mit Krebs befallener Kastanienrinde

Farben:

Methylengrün
Methylenblau
Eosin
Kongorot
Trypanblau

Versuche mit Alkalimetallsalzen: Im September war die Wirkung von Lithiumkarbonat 1:20 G.M.[1]) bereits drei Tage nach Beginn der Behandlung sichtbar; die Blätter in der Nähe der Einführungsstelle wurden zuerst, die am weitest entfernten zuletzt davon beeinflußt. Eine

[1]) Rumbold hat die Lösungen in der Weise hergestellt, daß sie die dem Molekulargewicht des Präparates entsprechende Menge Präparat (in Gramm) mit 1 l Wasser vermischte oder darin löste. 1 ccm dieser Flüssigkeit wurde alsdann je nachdem verdünnt. Beispiel (Herstellung von Natriumkarbonatlösung 1:200 G.M.): 106.1 g Natriumkarbonat werden in 1 l Wasser gelöst und 1 ccm dieser Lösung mit 199 ccm Wasser vermischt.

Lösung 1 : 200 G.M. oder noch schwächere schädigten zuerst die entfernt gelegenen Blätter. Bäume, die im Spätsommer mit einer Lösung 1:20 G.M. behandelt waren, entwickelten im kommenden Frühling normale Blätter; dieselben zeigten jedoch, als sie ausgewachsen waren, deutlich die charakteristischen Kräuselungen und Flecke, die durch Lithium hervorgerufen werden (vgl. Abb. 8), obgleich hier keine neue Behandlung vorgenommen worden war. Die anderen Lithiumsalze wirkten in der gleichen Weise, desgleichen die übrigen Alkalimetallsalze, ausgenommen die Ammoniumverbindungen. Lösungen von Natriumsalzen 1 : 20 G.M. wirkten wie Lithiumsalzlösungen, erzeugten aber, wenn sie in einer Lösung von

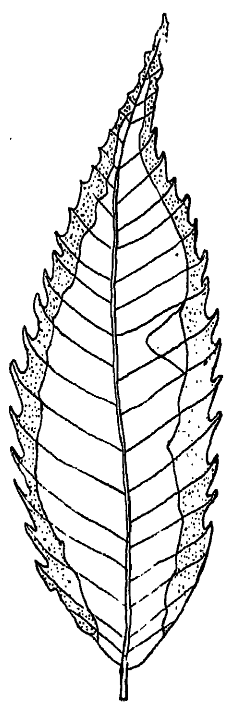


Abb. 8. Blatt eines acht Jahre alten Baumes (*Castanea dentata*) von 4,85 m Höhe und 8 cm Durchmesser, der in der Zeit vom 15. April bis 25. Juni 1913 10 l Lithiumhydroxyd 1 : 500 G. M. absorbiert hatte. Die beschädigten, braungefärbten Teile des Blattes sind getüpfelt. Abbildung nach Rumbold.

1:200 G.M. angewandt wurden, keine Flecken an den Blättern. Lösungen von Kaliumsalzen verhielten sich wie solche von Natriumsalzen. Im Oktober wurden Ammonium-, Kalium- und Natriumsalze in Form von Lösungen 1:100 G.M. und 1:200 G.M. in die Bäume eingeführt, woraufhin die Blätter von den Zweigen abfielen. Dieser Laubabfall fand statt, bevor der Laubabfall bei den mit Wasser behandelten Bäumen auftrat. Ammoniumchlorid 1 : 200 G.M., Ammoniumkarbonat 1 : 100 G.M. und Ammonium-

hydroxyd 1:100 G.M. schädigten die Blätter ebenfalls am Ende der Zweige, und zwar so, daß sie abfielen. Ammoniumsulfatlösungen 1:200—1:500 G.M. riefen Flecke an den Blättern hervor. Das normale Wachstum der Bäume, die mit diesen Stoffen behandelt wurden, wurde dadurch nicht ernstlich gestört.

Versuche mit Schwermetallsalzen: Kalichromat, Kalibichromat, Kupfersulfat und Kupferchlorid wirkten am schnellsten. Chromate erwiesen sich als sehr giftig; sie gingen zudem schneller durch den Baum als die Kupfersalze. Die Bichromate waren giftiger als die Chromate. Bereits 48 Stunden nach Beginn der Behandlung waren bei Anwendung von Lösungen aus Chromaten die Blätter angegriffen. Die Adern der Blätter wurden zuerst braun, dann kräuselten sich die Blätter nach oben, trockneten und fielen ab. Es wurden allerdings neue Blätter gebildet, aber auch diese fielen ab. Eine Lösung von Kalichromat 1:10000 G.M. rief die gleiche Wirkung hervor wie eine Lösung von 1:20 G.M. der Kupfersalze. Mit Ausnahme der mit Lösungen der Kupfersalze behandelten Bäume waren alle anderen im August ohne Blätter. Zehn Tage nach Beginn der Einführung einer Kalibichromatlösung 1:10000 G.M. platzte die Rinde längs des Weges, den die Lösung genommen hatte, auf. Im Juli und August wucherten in diesen aufgeplatzten Stellen und in den Bohrlöchern Schimmelpilze. Im folgenden Jahre waren alle mit Kaliumbichromatlösungen behandelten Bäume abgestorben. Am Tage nach der Behandlung mit Kupfersulfatlösung 1:20 G.M. begannen die Blätter braun zu werden, und zwar in der Nähe der Einführungsstelle am ersten. Kupferchlorid 1:20 G.M., Zinkchlorid 1:20 G.M. und Baryumchlorid 1:20 G.M. hatten eine gleichschnelle Wirkung; sie waren in dieser Konzentration schädlich; die Pflanzen starben ab. Die Bahn, die die Lösungen nahmen, war nur etwas breiter als der Durchmesser des Bohrloches. Diejenigen Äste und Zweige, deren Gefäßstränge mit jenen Streifen kommunizierten, wiesen ebenfalls abgestorbene Blätter auf. Die absterbenden Blätter kräuselten sich erst nachdem sie braun geworden waren. Die entlaubten Zweige erzeugten schnell wieder neue Blätter, so daß Bäume, die im August behandelt wurden, im Dezember ausgewachsene, grüne Blätter trugen. Im folgenden Frühjahr bildeten sie wieder neue Blätter und auch Früchte. Die Zweige, die durchtränkt waren, waren abgestorben; die übrigen verhielten sich so, als seien sie stark zurückgeschnitten.

Versuche mit kolloidalen Metallen: Während Lösungen der Schwermetallsalze für das normale Wachstum der Bäume schädlich waren, zeigten mit kolloidalen Lösungen der Schwermetalle behandelte Bäume keine Schäden. Der größte Teil des Kolloids blieb in der Nähe der Einführungsstellen zurück.

Versuche mit Kohlenstoffverbindungen: Formaldehyd und Metakresol waren besonders giftig, und zwar beschädigte eine 0,4 %ige Formaldehydlösung die Bäume stärker als starke Konzentrationen von

Kupfersalzlösungen. Die Wirkung war insofern ausgedehnter, als die Flüssigkeit in breitem Streifen aufstieg. Oberhalb der Einführungsstelle waren die Bäume im folgenden Jahre abgestorben. Unterhalb der Einführungsstelle erzeugten sie Adventivsprosse und braune Knospen. Metakresol 1:1000 G.M. brachte ebenfalls das Gewebe zum Absterben. Die Mittelrippen und Adern der Blätter wurden braun und rochen nach Kreosot. Später wurden sie schwarz und schrumpften; sie hingen an den Zweigen als seien sie versengt. An den Seiten des Streifens, in dem die Lösung aufstieg, bildete sich ein Kallus. Die Rinde löste sich in der Nähe der Aufnahmestelle, so daß das Holz freilag. Außerhalb des Bereiches des Streifens blieb der Baum unbeschädigt. Lösungen (Verdünnungen) von Kohlenstoffverbindungen, mit Ausnahme der beiden eben erwähnten, riefen anscheinend keine Beschädigungen hervor. Nur einige verursachten Fleckenbildungen an den Blättern.

Versuche mit Extrakten: Ein wässeriger Extrakt aus mit dem Krebs (*Endothia parasitica* [Murr.]) befallener Rinde von *Castanea dentata* brachte die Bäume *(Castanea dentata)* zum Absterben. Ein wässeriger Extrakt von gesunder Kastanienrinde rief, wie auch die zur Kontrolle mit Wasser vorgenommenen Behandlungen, keine Schäden an den Bäumen hervor.

Rumbold hat fernerhin die Beobachtung gemacht, daß neben dem eben geschilderten Verhalten der Pflanzen gegen die ihnen einverleibten Stoffe besonders charakteristische Verfärbungen an den Blättern auftreten. Diese waren so typisch, daß man nach der Art derselben im voraus sagen konnte, welche Lösungen in die Bäume eingeführt worden waren. Lithiumverbindungen, wie z. B. Lithiumhydroxyd, Lithiumchlorid, Lithiumnitrat oder Lithiumsulfat riefen die charakteristischsten Flecken hervor. Gewöhnlich färbten sich die Blattspitzen und die Ränder der Blätter zwischen den Adern rotbraun. Manchmal erschienen die Flecken in der Mitte der Blätter im Parenchym. Der grüne Teil der Blätter war alsdann von dem braunen durch eine dunkle Linie abgetrennt. Die Blätter kräuselten sich nach oben. Bei größerer Anhäufung von Lithium dehnte sich die verfärbte Fläche des Blattes bis zur Mittelrippe aus (vgl. Abb. 8). Natriumkarbonat in einer Lösung von 1:20 G.M. angewandt, tötete das Blattparenchym in großen und unregelmäßigen Flächen ab; letztere befanden sich manchmal in der Mitte eines Blattes; die Blattschneiden blieben grün. Die Trennung zwischen den grünen und versehrten Blattflächen war hier ebenfalls scharf. Verdünnte Lösungen von Kalium- und Natriumsalzen riefen keine Flecken hervor. Ammoniumverbindungen bräunten die Blätter nicht. Ammoniumsulfat in Form von Lösungen (1:200 G.M. und 1:500 G.M.) verursachte ein Zusammenschrumpfen der Blattränder. Die zusammengeschrumpfte Blattfläche wurde durchsichtig und das Netzwerk der feineren Adern gut sichtbar. Manchmal sahen die Stellen wie gebleicht aus; sie waren alsdann von einem dunklen Rande umgeben. Kolloidale Lösungen von Metallen

übten keine sichtbare Wirkung auf die Blätter aus. Konzentrierte Lösungen von Schwermetallsalzen verursachten drei Arten von Veränderungen an den Blättern:

1. Ein Braunwerden aller Adern, wodurch die Blätter ein fein gewürfeltes Aussehen bekamen. Das Parenchym wurde zuletzt braun. Die Blätter vertrockneten dann und kräuselten sich aufwärts.

2. An Stellen, die weiter von der Aufnahmestelle entfernt lagen oder dort, wo nur stark verdünnte Lösungen der Stoffe hingelangten, erschienen unregelmäßige braune Flecken an den Blatträndern, die sich allmählich nach den grünen Blattstielen ausbreiteten. Die Trennungslinie zwischen den grünen und braunen Teilen der Blätter waren deutlich ausgeprägt.

3. Bei Anwendung konzentrierter Lösungen fand eine allmähliche Bleichung der Blätter statt. Die unter 2 erwähnte Schädigung wurde im übrigen bei allen mit Schwermetallsalzlösungen behandelten Bäumen gefunden.

Metakresol erwies sich im Gegensatz zu Parakresol bei gleicher Konzentration (1:1000 G. M.) als sehr giftig; letzteres rief keine Wirkungen an den Blättern hervor. Diejenigen Kohlenwasserstoffverbindungen, welche die Blätter verfärbten, zeigten zwei Arten von Wirkungen auf die Blätter:

1. Paranitrophenol 1:500 G. M. bräunte die Mittelrippe und die Adern der Blätter, die sich in der Nähe der Einführungsstelle befanden.

2. Diejenigen Blätter, die weiter von der Einführungsstelle entfernt waren, zeigten leichte, braune Flecken an den Rändern, die sich allmählich dem unteren Teile des Blattes näherten.

Auch bei den mit Paranitrophenol 1:1000 G. M. behandelten Bäumen wurden jene zwei Arten von Schädigungen an den Blättern beobachtet. Orthonitrophenol 1:1000 G. M. wirkte ähnlich auf die Blätter wie Ammoniumsulfat; sie wurden durchsichtig und kräuselten sich an den Rändern; Pikrinsäure 1:1000 rief Flecken und Kräuselungen an den Blättern hervor. Zitronensäure 1:50 G. M. erzeugte Flecken an den Blättern; eine Konzentration von 1:500 G. M. hingegen Flecken und Kräuselung. Bei Behandlung mit Essigsäure 1:500 G. M. und Ameisensäure 1:1000 G. M. zeigten die Blätter der behandelten Bäume Flecken. Salizylsäure 1:5000 G. M. bewirkte Fleckung und Kräuselung; Pyrogallussäure 1:1000 G. M. wiederum Fleckung, die sich aber in eine glänzend gelbe Farbe verwandelte; die Blätter fielen schließlich ab. Phloroglucin 1:1000 G. M. und Pyrokatechin 1:1000 G. M. bewirkten eine Kräuselung der Blätter.

Was nun die Entstehung der so charakteristischen Verfärbungen der Blätter betrifft, so glaubt Rumbold diese auf folgende Weise erklären zu können. Die Blätter werden von den Lösungen getränkt noch während letztere sich in dem Baum ausbreiten. Die Blätter, welche nun weit von der Aufnahmestelle entfernt sind, werden von einer verdünnteren Lösung durchdrungen als diejenigen, die sich in der Nähe derselben befinden. Die konzentrierteren Lösungen bringen hingegen das Gewebe bereits während

sie durch dasselbe hindurchgehen, zum Absterben; sie bräunen auf dieseWeise die Mittelrippe und die Adern der Blätter, während das Parenchym grün bleibt. Waren die Lösungen jedoch bereits genügend verdünnt, so flossen sie in die Blätter, anscheinend ohne sie zu beschädigen, doch häuften sie sich durch die Transpiration allmählich in den Parenchymzellen an, bis sie schließlich eine Schädigung bewirkten. Die Kräuselung der Blattränder führt Rumbold auf Beschädigungen zurück, die am unteren Teile des Stammes durch die Lösungen hervorgerufen wurden. Die Kräuselung ist daher wohl als Sekundärerscheinung aufzufassen. Diese drei Arten der

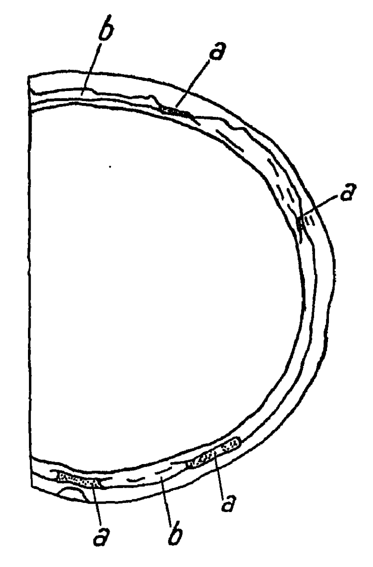



Abb. 9. Querschnitt durch den Stamm eines 16 Jahre alten Baumes (*Castanea dentata*) von 5,5 m Höhe und 11 cm Durchmesser, der in der Zeit vom 20. Juni bis 16. Oktober 1913 26 l Lithiumkarbonat 1 : 500 G. M. absorbiert hatte. a = Hohlräume, die den Stamm durchziehen, und die durch Absterben des Kambiums entstanden sind. Das abgestorbene Kambium zeigt den Weg an, den die alkalische Lösung nahm. b = Ungleichmäßig entwickelter Jahresring, der sich während der Behandlung des Baumes gebildet hat.
Abbildung nach Rumbold.

Blattschädigung (Schädigung der Blattränder, Bräunung der Adern und Kräuselung) traten nicht immer gleichzeitig an einem Baume auf, manchmal lag nur eine oder zwei Arten von verfärbten Blättern vor.

Was die Wirkung der Lösungen und Verdünnungen der verschiedenen Stoffe auf die einzelnen Teile der Pflanze betrifft, so hat Rumbold (1920) auch hierüber ausführlich berichtet.

1. Wirkung auf die Stämme: Die in den Stamm gebohrten Löcher wurden mit Okulierwachs angefüllt, worauf eine Wucherung (Kallus) auftrat, die die Wunde verschloß, so daß schließlich nur ein kleiner Ritz übrig blieb. Manchmal wurde das Wachs von der Wucherung aus dem

Loch herausgedrängt, manchmal wurde es vollständig von derselben eingeschlossen. An gefällten Bäumen wurde festgestellt, daß die Wucherung die Wunde vollständig bedecken kann; zwischen der äußeren Rinde und dem Holze zog sich alsdann nach oben und nach unten eine Luftschicht. Diese Höhlung kam durch das Fehlen des neuen Jahresringes zustande; er konnte sich nicht entwickeln, da infolge der Behandlung des Baumes die Kambiumschicht abgestorben war. Solche Hohlräume, die zuerst in den mit Lithiumsalzlösungen behandelten Bäumen gefunden wurden, erwiesen sich als eine allgemein auftretende Begleiterscheinung des Verfahrens (vgl. Abb. 9). Bäume, die mit Metakresol 1:1000 G. M., Formalhedyd 0,4°/₀, Kaliumbichromat 1:1000 G. M. oder Quecksilberchlorid 1:1000 G. M. behandelt worden waren, zeigten diese Verletzungen in ganz besonderem Maße; die Rinde sprang auf und löste sich von der behandelten Fläche ab. Bei den mit Lithium behandelten Bäumen wurde die Wunde im Herbst unbedeckt gelassen. Im folgenden Frühjahr war der unterhalb der Einführungsstelle gelegene Hohlraum mit Wasser gefüllt. Durch Wegschneiden der Rinde wurde diese Stelle freigelegt; Kastanienkrebs fand sich hier nicht vor, nur war die Wucherung an beiden Seiten der Stelle aufgetreten. Die Öffnung breitete sich bis drei Fuß über und drei Fuß unter der Aufnahmestelle aus. Man nahm zuerst an, daß einige dieser unter der Rinde befindlichen Hohlräume eher durch eine rein mechanische Wirkung der großen Menge der verschiedenen Stoffe (Lösungen und Verdünnungen), die ja durch einen engen Kanal hindurchgeht, gebildet wird, als durch den giftigen Charakter der Stoffe. Bäume, die mit Methylenblau behandelt wurden, zeigten aber diese Zersetzung bzw. Auflösung der Gewebe in einer weniger ausgesprochenen Form. Die Bildung und Größe solcher Hohlräume wird also durch die Natur der angewandten Flüssigkeiten bestimmt, denn es stellte sich weiterhin heraus, daß schwache Säuren und Extrakte keine solchen Hohlräume hervorrufen. Ein Baum, der während fünf Wochen mit Paranitrophenol 1:1000 G. M. behandelt worden war, zeigte kurze und enge Hohlräume. Kolloidale Metalle verursachten keine Hohlräume und auch kein anormales Wachstum des Gewebes. Gewebsabtötend wirkende Lösungen riefen keine Anregung des Wachstums hervor, sondern nur Wucherungen, welche die toten Gewebe von den lebenden abschlossen. Verdünnte Lösungen töteten das Gewebe nicht vollständig ab, aber sie verursachten die Bildung von Wundgewebe in dem wachsenden Jahresring und der Rinde.

2. Wirkung auf die Früchte. Alle behandelten Bäume, mit Ausnahme der mit konzentrierten Lösungen von Schwermetallsalzen und Formaldehyd behandelten, brachten eine normal erscheinende Ernte von Kastanien hervor. Es machte sich ferner kein Zeichen einer Stimulation der Bäume durch die eingeführten Flüssigkeiten bemerkbar, höchstens, daß die Kastanien, welche an den mit Alkalimetallsalzen behandelten Bäumen wuchsen, etwas größer und dicker erschienen, als diejenigen von Bäumen, bei denen

Wasser oder Kohlenstoffverbindungen angewandt worden waren. Übrigens wurde in den Kastanien der mit Lithiumsalzen behandelten Bäume Lithium gefunden. Die Beeinflussung der Kastanien der mit anderen (giftigen) Flüssigkeiten beschickten Bäume wurde nur durch Fütterungsversuche mit weißen Ratten geprüft. Da man Lithium in den Kastanien gefunden hatte, so erschien es möglich, daß auch andere der angewandten Flüssigkeiten ihren Weg in dieselben gefunden haben könnten. Die in den Kastanien vorhandene Giftmenge muß aber sehr gering gewesen sein, da die Ratten keinen Schaden litten. Ein anderes Zeichen für die Ungiftigkeit glaubt Rumbold darin zu sehen, daß in den Kastanien lebende „Würmer“ (Räupchen) gefunden wurden. Die Anzahl wurmstichiger Früchte war im übrigen bei den unbehandelten die gleiche wie bei den behandelten Bäumen. Rumbold nimmt an, daß die Menge der in die Bäume eingeführten Substanz, die letzten Endes bis zu den Früchten vordringt, durch die Jahreszeit, zu der die Behandlung vorgenommen wird, beeinflußt wird. Lithiumsalzlösungen, die spät im Sommer in die Bäume eingeleitet wurden, beeinflußten schnell die Früchte, was an dem Fleckigwerden der Knospen und der benachbarten Blätter zu erkennen war.

Um eine Übersicht über die Wirkungsweise der verschiedenen, den Bäumen *(Castanea dentata)* einverleibten Stoffe zu erhalten, sei hier eine diesbezügliche Zusammenstellung wiedergegeben; diese betrifft die von Rumbold im Laufe mehrerer Sommer (1912, 1913, 1914 und 1915) vorgenommenen Versuche. Erwähnt sei, daß sich die Bäume bei Anwendung der gleichen Lösung nicht immer in derselben Weise verhielten, so daß es schwer war, ihre Wirkung festzustellen.

Eine sichtbare Wirkung auf die Pflanzen *(Castanea dentata)* war nicht festzustellen bei Anwendung von:

Wasser,
wässerigem Extrakt von gesunder Kastanienrinde,
Kongorot 0,025%ige Lösung,
Trypanblau 0,025%ige Lösung,
Kupferhydroxyd kolloidal 1:3300 G.M.,
Silber kolloidal 1:6400 G.M.,
Methylalkohol 1:1000 G.M.,
Ammoniumverbindungen 1:500 G.M.,
Essigsäure 1:3000 G.M.,
Ameisensäure 1:6000 G.M.,
Milchsäure 1:1000 und 1:2000 G.M.,
Anilinsulfat 1:1000 G.M.,
Natrium carbolicum 1:1000 G.M.,
Phenolnatrium 0,1%ige Lösung (1 ccm : 1000 ccm Wasser),
Paranitrophenol 1:10000 G.M.,
Parakresol 1:1000 G.M.,
Thymol 1:3000 G.M.,
Bittermandelöl 1:10000 G.M.

Scheinbar einen leichten Reiz auf die Pflanzen *(Castanea dentata)* übten aus:

die schwächeren Lösungen der Alkalimetallsalze,
Pikrinsäure 1:10000 G.M,
Paranitrophenol 1:1000 G.M.

Als schwach schädlich (gefleckte Blätter und ein Absterben des Kambiums nahe der Aufnahmestelle erzeugend) erwiesen sich:

Paranitrophenol 1:500 G. M.,
Orthonitrophenol 1:1000 G. M.,
Pikrinsäure 1:500 — 1:1000 G. M.,
Pyrocatechin 1:1000 G. M.,
Pyrogallussäure 1:500—1:1000 G. M.,
Benzoësäure 1:500 G. M.,
Phloroglucin 1:1000 G. M.,
Phenol 1:500 — 1:1000 G. M.,
Kupfersulfat 1:100 G. M.,
Lithiumsalze 1:100 G. M.,
Ammoniumverbindungen 1:100 G. M.,
Natriumchlorid 1:100 G. M.,
Eosin 0,025%ige Lösung,
Methylenblau 0,025%ige Lösung,
Essigsäure 1:1000 G. M.,
Ameisensäure 1:1000 G. M.,
Zitronensäure 1:50 — 1:500 G. M.

Als schädlich (eine Abtötung des durchtränkten Teiles des Baumes oder des ganzen Baumes hervorrufend) erwiesen sich:

Kupfersulfat 1:20 G. M.,
Kupferchlorid 1:20 G. M.,
Zinkkarbonat 1:20 G. M.,
Quecksilberchlorid 1:1000 G. M.,
Kalichromat 1:1000—1:10000 G. M.,
Kalibichromat 1:1000—1:10000 G. M.,
Baryumchlorid 1:20 G. M.,
Alkalimetallsalze 1:20 G. M.,
Natriumchlorid 1:50 G. M.,
Formalin 0,025%ige Lösung,
Essigsäure 1:100 G. M.,
Ameisensäure 1:100 G. M.,
Milchsäure 1:100 G. M.,
Anilinsulfat 1:100 G. M.,
Metakresol 1:1000 G. M.,
Benzoësäure 1:500 G. M.,
Salizylsäure 1:100 G. M.,
wässeriger Extrakt von mit Krebs befallener Kastanienrinde.

## B. Praktische Versuche zur Bekämpfung von Parasiten und Krankheiten der Pflanzen und zur Förderung der Entwicklung der Pflanzen.

Während in den vorstehenden Kapiteln lediglich solche Versuche referiert wurden, durch welche die Lösung bestimmter, und zwar äußerst wichtiger Fragen angestrebt wurde, seien im Nachfolgenden nunmehr auch Untersuchungen mitgeteilt, die sich mit der Anwendungsmöglichkeit des inneren Heilverfahrens in der Praxis befassen. Letztere betreffen

a) die Abwehr und Vernichtung von tierischen und pflanzlichen Parasiten, die den pflanzlichen Organismus direkt schädigen oder auch indirekt Schädigungen verursachen.
b) die Abwehr und Heilung von Pflanzenkrankheiten, die nicht durch Parasiten hervorgerufen werden und
c) die Förderung der Entwicklung der Pflanzen zwecks Erhöhung des Ernteertrages.

### a) Versuche zur Abwehr und Vernichtung tierischer und pflanzlicher Parasiten, die den pflanzlichen Organismus direkt schädigen oder auch indirekt Schäden verursachen.

Shewirjeff (1904) beschreibt einige Versuche von A. Dementyec. Dieser führte am 16. Juli (Jahr ?) in einen mit Blutlaus befallenen Apfel-

ccm einer Lösung ein, die 1 g Baryumchlorid enthielt; einem ebenfalls mit Blutlaus befallenen Apfelbaum wurden 350 ccm sigkeit einverleibt, in der 1 g Natriumarseniat gelöst war. Am also nach 9 Tagen, waren infolge der Behandlung die Läuse bis abgetötet; die Bäume blieben hingegen vollständig gesund.

rzecki (1903) teilt mit, daß saugende Insekten, wie Schild-*spis fallax* How. an Birnen, *Mytilaspis pomorum* Bouché an Äpfeln) andlung der Bäume mit Eisensulfat und Nährlösungen in ihrer aufgehalten wurden, und daß neue Triebe von Schildläusen frei An solchen Bäumen, die durch Einführung von Nährlösungen hrt" waren, blieben Pilzkrankheiten, wie z. B. *Fusicladium*, in cklung zurück. Mokrzecki teilt ferner mit, daß sehr schwache (0,001—0,01 %) von Kupfervitriol, Kaliumzyanid und Arsenik, ngen bis zu 4 g (in bezug auf die in der Flüssigkeit enthaltene on kleinen Obstbäumen aufgenommen wurden, Schädlinge, wie , Schildläuse, Larven von Sesien und *Zeuzera* in keiner Weise en. Die Bäume blieben ebenfalls unbeschädigt.

dford (1915) stellte seine Versuche an einem etwa 12 Jahre nischen Ginster, der stark von der Wollaus, *Icerya purchasi*, var, an. Die Behandlung geschah mit kristallisiertem Kalium-s in das Bohrloch eingefüllt wurde. Nach zwei Tagen fingen die e an, vom Baum abzufallen, und nach einigen Tagen schienen alle Die noch ausschlüpfenden Schildläuse, die den Baum angriffen, enfalls nur kurze Zeit am Leben. Der Baum wurde auf diese lig von Schildläusen befreit und hat sich im Laufe der Zeit kräftig t.

ttuk (1915) gibt an, daß er seit Jahren zur Bekämpfung von lie in den verschiedenen Bäumen lebten, Kaliumzyanid angewandt aufe von 12 Jahren tausende derselben dadurch gerettet hat. stände von Ulmen und Akazien in Kansas und in anderen Teilen ns wurden gegen die Angriffe der Bohrer durch Anwendung mzyanid geschützt. Shattuk verteidigt den Wert des Kalium-ndem er sagt: „I am strongly inclined to feel that the blame is rly placed and that a highly useful chemical for insect eradication condamned because of damages produced by other substances."

nt (1915) hat Anfang des Frühjahrs 1915 50 Akazienbäume ernichtung der Larven des Akazienbohrers mit Kalium- und anid behandelt. Bei der Untersuchung stellte sich heraus, daß Behandlung kein Vorteil erzielt wurde. Von den 19 noch am bliebenen Bäumen enthielten alle bis auf 3 lebende Larven. In Fällen befanden sich lebende Larven 6 Zoll über den Bohrlöchern, ällen waren die Larven sogar nur 1 Zoll von den Einführungs-tfernt.

Moore und Ruggles (1915) schlagen vor, das Kaliumzyanid direkt in die Bohrlöcher jener Insekten einzulegen. Im übrigen dürfte nach ihrer Ansicht das Verfahren gegen die große Mehrzahl der Holzbohrer, wie sie in den Eichen leben, ohne Erfolg sein, da die Blausäure sich nicht im Kambium, wo sich die Tiere aufhalten, sondern nur durch die alten Tracheen verbreitet. Gegen saugende Insekten, welche ihre Nahrung den Gefäßbündeln entnehmen, scheint das Zyanid ebenfalls kaum wirksam zu sein. Im Lichte dieser Versuche dürfte der Ginster, den Sandford zu seinen Versuchen verwandte, eine ganz besondere Struktur besitzen, wodurch es dem Zyanid möglich ist, an die Stellen vorzudringen, die von der Schildlaus erreicht werden. Da der Ginster eine halbholzige Pflanze, ähnlich wie *Geranium*, ist, so könnte man auch annehmen, daß die Blausäure durch die Rindenschicht hindurchdringt und somit wirksam wird. Um gegen saugende Insekten (Schildläuse) wirksam zu sein, muß die Blausäure durch das Gefäßsystem hindurchgehen, aus dem die Tiere ihre Nahrung nehmen, oder sie muß in die von Schildläusen usw. angegriffenen Gewebe eindringen. Das letztere ist bei krautigen Pflanzen möglich oder bei halbholzigen Gewächsen, diese sind aber wiederum sehr empfindlich gegen eine solche Behandlung.

Wellhouse (1916) versuchte ebenfalls auf Pflanzen lebende schädliche Insekten durch Einführung von Kaliumzyanid in die Pflanzen abzutöten. Er stellte seine Versuche gegen eine an einer Gewächshauspflanze *(Coleus)* lebende Blattlausart *(Dactylopius)*, sowie auch gegen im Holze verschiedener Bäume lebende Bockkäferlarven an. Die Versuche waren erfolglos (vgl. Abb. 7). Wellhouse führt dies darauf zurück, daß das Gift sich nicht durch die Gefäße der Pflanze, sondern nur durch die Bindegewebe ausbreitet.

Raybaud (1921) verwandte zur Bekämpfung der auf Feigenbäumen lebenden Schildlaus *(Ceroplastes rusci)* Kaliumferrozyanid. Er brachte das Salz in das Innere der Bäume. Zum Vergleich behandelte er auch andere Pflanzen wie: *Pinus pinea*, *P. silvestris* und *Ligustrum*. Die Versuche ergaben, daß kristallisiertes Kaliumferrozyanid für die Feigenbäume schädlich war; die anderen Bäume hielten jedoch seiner Giftigkeit stand. Die Giftwirkung erstreckte sich aber auch nicht auf die auf den *Pinus*-Arten befindlichen lebenden Raupen; die Schildläuse gingen erst bei einer für den Feigenbaum tödlichen Dosis zugrunde.

Weiterhin hat Bickel (1914) ein Patent angemeldet, wonach u. a. metallisches Quecksilber in den zirkulierenden Saft der Pflanzen eingeführt wird. Zwecks Vornahme der Behandlung wird an den unteren 5—7 Ästen der Krone, nahe am Stamm, mit einem etwa 3 mm starken Bohrer schief nach unten je ein Loch durch das Mark der Äste gebohrt. Das Bohrloch wird alsdann mittels eines Tropfgläschens mit Quecksilber angefüllt und darauf mit Baumwachs oder dergleichen luftdicht verschlossen. Bei

starken Ästen wird ein 4—8 mm weites Loch gebohrt. Bei älteren und stark befallenen Bäumen können mehrere Behandlungen gleichzeitig vorgenommen werden. Die Dosis soll je etwa 2—7 g Quecksilber betragen. Das Wachstum der Pflanzen soll nicht gestört, sondern in den meisten Fällen bedeutend gehoben und dadurch eine schöne Belaubung und gute Entwicklung der Blüten und Früchte erzielt werden. Durch das Verfahren sollen Pflanzenschädlinge und Holzkrankheiten von den Pflanzen ferngehalten oder vernichtet bzw. geheilt werden. Die Wirkung soll ein Jahr und länger anhalten, und der Erfolg der Behandlung bereits nach 5—14 Tagen auftreten.

Rumbold (1920) teilt in Bezug auf die Wirkung der verschiedenen Chemikalien auf den Pilz *Endothia parasitica* mit, daß die Resultate unsicher und verschieden waren. Die ersten Anzeichen einer Wirkung auf den Pilz waren im Sommer 1913 bemerkbar. Bäume, die 1912 behandelt worden waren, wurden mit dem Kastanienpilz im Herbst künstlich infiziert. Das Wachstum des Pilzes auf den mit Alkalimetallen behandelten Bäumen war anormal, immerhin brachte er die Bäume zum Absterben. Im Jahre 1914 wurden die im Jahre 1913 geschaffenen Krebsstellen gemessen. Es stellte sich hierbei heraus, daß die der Kontrollbäume ebenso groß waren wie die der behandelten Bäume. Die Masse der Krebsstellen bei den mit anderen Chemikalien etc. behandelten Bäumen gaben verwirrende Resultate: im großen und ganzen wiesen die behandelten Bäume größere Krebsstellen auf als die unbehandelten. 1915 wurde eine abgestorbene Krebsstelle an einem Baum bemerkt, der im April, Mai und Juni 1913 und 1914 im Juni und Juli mit Lithiumhydroxydlösung behandelt worden war. Die günstige Wirkung wurde zuerst nicht bemerkt, da tote Rinde die Stelle bedeckte; erst als diese Rinde entfernt worden war, konnte man feststellen, daß eine gesunde Wucherung die krebsartige Stelle verdrängt hatte. Dieselbe Wirkung wurde auch an einem mit Natriumkarbonat und einem mit Thymol behandelten Baume bemerkt. 1916 wurden diese 3 Bäume wieder mit Krebs künstlich infiziert; 1917 wuchsen die neuen Krebsstellen in normaler Weise weiter. 1916 wurde die Behandlung nur mit Lithium- und Kalisalzen ausgeführt. Sie wurde zu drei verschiedenen Zeiten vorgenommen. Ein Teil der Bäume wurde im April, Mai und Juni, ein anderer Teil im Juni, Juli und August und ein dritter Teil im August, September und Oktober behandelt. Es stellte sich heraus, daß die Kalisalze nicht so wirksam waren wie die Lithiumsalze. Die im April, Mai und Juni mit Lithiumsalzen vorgenommene Behandlung der Bäume schien die größte Wirkung gehabt zu haben. In keinem Falle hatte aber dieselbe das Wachstum des Pilzes zum Stillstand gebracht.

Green (vgl. Hollrung) hat, wie bereits erwähnt, zur Bekämpfung der grünen Schildlaus *(Lecanium viride)* eine Lösung verwandt, in der „Phenyl“ enthalten war (in 2 l = 1 Teelöffel „Phenyl“). Die Lösung

(Quantum?) wurde über den aufgelockerten Boden ausgegossen, um so eine Absorption durch die Wurzeln zu bewerkstelligen. Die Wirkung war insofern eine gute, als der behandelte Baum nach Ablauf eines Monats die Schildläuse abgestoßen hatte, dieweil der Befall der benachbarten Bäume eher zu- als abgenommen hatte. Später jedoch soll Green erklärt haben, daß er von der innerlichen Pflanzenbehandlung nicht viel halte.

Löw (1924) teilt mit, daß mit Kali gedüngte Pferdebohnen viel weniger durch Blattläuse geschädigt wurden als die nicht gedüngten. Nach seinen Angaben stellten Wilfahrt und Wimmer fest, daß der weiße Senf starken Blattlausbefall aufweist, wenn er Kalimangel leidet. Nach Stutzer soll Vermehrung der Stickstoffdüngung die Ansiedlung der Blattläuse fördern. Löw, der spezielle Versuche (Topfversuche mit Buchweizen) anstellte, beobachtete, daß reich mit schwefelsaurem Kali gedüngte Pflanzen frei von Blattläusen waren. Die in nächster Umgebung stehenden Kontrollpflanzen hingegen waren stark befallen. Bei einem Versuch mit Hafer ließ man den Kaligehalt der Düngung gleich hoch, variierte aber die Phosphorsäuredüngung. Die Blattläuse (wohl *Siphonophora cerealis* Kalt.) waren dort am häufigsten, wo die letztere am stärksten war. Löw führt dies darauf zurück, daß Kali die Stärkebildung aus Zucker im Blatte fördert. Die Säfte der reich mit Kali gedüngten Pflanzen sind also weniger süß; solche Pflanzen werden nach seiner Ansicht deshalb von den Blattläusen gemieden.

Einer Mitteilung von Zimmermann (1924) zufolge haben Massee (1903), Salmon (1904) und Simon Versuche zur Bekämpfung von *Erysipheen* angestellt. Massee begoß Gerstenpflanzen mit einer Kupfersulfatlösung 1:500; die Pflanzen blieben unbeschädigt aber stark mit Meltau befallen[1]. Salmon, der die Erde mit Kupfersulfatlösungen (1:133 bis 1:1000) behandelte, konnte ebenfalls einen Einfluß in bezug auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für *Erysiphe graminis* nicht feststellen[1]. In Nährlösungen bewirkte Kupfersulfat 1:13000 die Bildung schmaler Blätter und verhinderte fast ganz das Wurzelwachstum. Die Pflanzen blieben aber ebenso empfindlich gegen Meltau[1]) wie solche, die in sehr schädliche Lösungen (1:2000) eingestellt wurden. Simon, der in die Hypodermis von Reben (Blätter ?) Kupfersulfatlösungen injizierte, stellte zunächst Schädigungen fest, die aber bei reichlicher Bewässerung z. T. behoben wurden. Weder auf den Blättern noch auf den Beeren konnte Meltau festgestellt werden.

E. Hiltner (1924) behandelte die Dörrfleckenkrankheit des Hafers durch Bepinseln der befallenen Blätter mit verschiedenen Stoffen. Die Bepinselung geschah außer mit einer 0,5 %igen Mangansulfat- und Eisen-

[1]) Dies ist insofern verständlich, als Kupfersulfat kein spezifisches Mittel gegen *Erysipheen* ist. Der echte Meltau wird vielmehr stets wirksam mit Schwefel bezw. schwefelhaltigen Präparaten bekämpft.

sulfatlösung und einer zusammen 0,5 %igen Mischung äquivalenter Mengen beider Salze noch mit Lösungen verschiedener anderer Stoffe, von denen anzunehmen war, daß sie entweder das Auftreten der Dörrfleckenkrankheit begünstigten oder verhinderten. Die Bepinselung begann drei Wochen nach der Aussaat von je sechs Gelbhaferkörnern. Zu dieser Zeit begann sich das vierte Blatt zu entwickeln. Die Pflanzen zeigten zum Teil am dritten Blatt die ersten Anzeichen der Dörrfleckenbildung. Die Bepinselung erfolgte wöchentlich dreimal. In bezug auf die Wirkung gibt Hiltner folgende Ergebnisse bekannt:

1. Nur Bepinselung der Blätter mit Mangansulfat und der Mischung von diesem mit Eisensulfat verhindert von Anfang an die Dörrfleckenkrankheit vollständig.

2. Eisensulfat wirkt zwar äußerst günstig auf den Ertrag ein, kann aber die Krankheit nicht vollständig verhindern. Zusammen mit Mangansulfat wirkt es besonders günstig auf den Ertrag und gegen die Krankheit.

3. Bepinselung der Blätter mit Glyzerinlösung wirkt im Gegensatz zur Bepinselung mit Glukose günstig gegen die Krankheit und auf den Ertrag.

4. Bepinselung mit Formaldehyd ruft selbst in 2 ‰iger Lösung keine Schädigung hervor.

5. Selbst, wenn die Erde stets durch Begießen mit Regenwasser genügend feucht gehalten wird, wirkt das Bepinseln der Blätter mit reinem Wasser sowohl gegen die Krankheit als auf die Gesamtentwicklung günstig ein.

6. Durch Bepinseln mit Kalihumus, Ammonkarbonat und Kalziumbikarbonat wird die Krankheit eher verstärkt und die Körnerbildung beeinträchtigt. Ammonbikarbonat verhält sich wesentlich anders als Ammonkarbonat, da sein Stickstoff allem Anschein nach zur Verwertung gelangt und dadurch allmählich die Pflanzen, deren Gesamt-Körnerertrag sich erhöht, auch gegen die Krankheit gekräftigt werden.

7. Durch alle Mittel, die beim Aufbringen auf die Blätter günstig gegen die Dörrfleckenkrankheit wirken, wird auch zugleich der Körnerertrag erhöht.

Die Versuche zeigen, wie Hiltner bemerkt, eindeutig, daß Mangan seine günstige Wirkung vor allem innerhalb der Pflanze äußert und nicht oder doch nur in untergeordnetem Maße indirekt durch Beeinflussung der Vorgänge im Boden.

### b) Versuche zur Abwehr und Heilung von Pflanzenkrankheiten, die nicht durch Parasiten hervorgerufen werden.

Was die nicht parasitären Krankheiten der Pflanzen betrifft, die man versucht hat mit Hilfe des inneren Heilverfahrens zu bekämpfen, so handelt es sich vornehmlich um die Chlorose und die Gummose.

Nach einer Mitteilung von Shewirjeff (1904) behandelte im Jahre 1901 ein Gartenbesitzer in der Krim namens Reshko über 1000 an Chlorose

leidende Bäume mit Eisensulfat, indem er dasselbe in Öffnungen, die in die Stämme nahe am Boden angebracht wurden, einfüllte. Er bemerkt hierzu, daß eine gleichmäßige Durchtränkung, selbst bei Durchbohrung des ganzen Stammes, nicht immer möglich war; es kam auch in diesem Falle vor, daß mitunter einzelne Äste chlorotisch blieben.

Mokrzecki (1902 und 1903) wiederum führte in 16 bis 25 cm dicke Apfel- und Birnbäume je 12 g trockenes Eisensulfat ein. Die Bäume selbst litten stark unter Chlorose. Schon zehn Tage nach der Behandlung war keine Spur der Krankheit mehr zu bemerken, und nach drei Wochen trugen die Bäume dunkelgrünes, glänzendes Laub. Die Bäume wurden ferner infolge der Behandlung mit Eisensulfat in der Entwicklung gefördert; gegen Ende des Sommers bildeten sie eine große Anzahl starker Triebe mit vielen Blatt- und Blütenknospen. Letztere setzten im Frühling reichlich Früchte an. Mokrzecki hat nochmals 500 Bäume behandelt; außerdem wandte er gegen die Gummose an Apfel- und Pfirsichbäumen 1 %ige Salicylsäure und bei frostbeschädigten Bäumen Nährlösungen an.

Nach Hollrung (1922) benutzte man zur Bekämpfung der Chlorose schwefelsaures Eisenoxydul. Die Zuführung geschah durch im Stamm befindliche Bohrlöcher. Es handelte sich hier nur um Tastversuche, die allerdings in mehreren Fällen von gutem Erfolg begleitet waren. Weiterhin verwandte man Eisensulfat (in trockenem Zustande oder in Form von Lösungen). Auch hier geschah die Einführung in den Stamm durch bis zum Kambium durchgebohrte Löcher. Die Lösungen riefen, sobald sie eine Stärke von 0,25 (%?) erreichten, Schädigungen hervor. Bei Verwendung von 1 g schwefelsaurem Eisenoxydul je Bohrloch machte Zschokke die Beobachtung, daß die chlorotischen Blätter sich bräunten. Der Nachwuchs im gleichen Jahre besaß zwar grüne Blätter; im folgenden Jahre waren die Blätter aber wieder gelb. Hollrung sagt weiter, daß bei der Roheit des Verfahrens keine allgemeine Hilfe von ihm zu erwarten sei.

Meinke (1924) hat einige Versuche zur Bekämpfung der Gelbsucht, die an Taylorreben aufgetreten war, angestellt. Er verwandte hierzu Eisenvitriol in trockener und gelöster Form sowie 40 %iges Kalisalz. Diese Stoffe wurden zwecks Aufnahme durch die intakte Wurzel der Pflanzen in den Boden gebracht. Die Dosierung war wie folgt: Beim ersten Versuche erhielten vier Rebstöcke je 500 g trockenes Eisenvitriol; vier Stöcke je sechs Liter 10 %ige Eisenvitriollösung und vier Stöcke je 500 g 40 %iges Kalisalz. Beim zweiten Versuche erhielten vier Stöcke je 500 g 40 %iges Kalisalz. Beim dritten Versuche wurden 12 Stöcke mit je 6 Litern einer 10 %igen Eisenvitriollösung behandelt. Beim vierten Versuch erhielten 12 Stöcke je 500 g trockenes Eisenvitriol und beim fünften Versuch erhielten zehn Stöcke je 500 g 40 %iges Kalisalz. Die Verteilung der trockenen Präparate geschah in der Weise, daß sie in einem Umkreis von 30 cm um die Stöcke gestreut und alsdann leicht untergehackt wurden. Die Eisen-

vitriollösung wurde in vier, um den Stock gleichmäßig verteilte Löcher von etwa 40 cm Tiefe eingeschüttet. Die erste Kontrolle fand am 16. Juli statt. Eine Wirkung war nur an den mit Eisenvitriollösung behandelten Stöcken festzustellen, und zwar war hier von den vier behandelten Stöcken in Versuch 1 einer wieder vollständig ergrünt, ein zweiter gelbgrün geworden, die beiden anderen jedoch nach wie vor gelb geblieben. In Versuch 3 waren von den 12 mit 10%iger Eisenvitriollösung behandelten Stöcken 7 etwas grüner geworden. Das in trockner Form gegebene Eisenvitriol, sowie auch das Kali, fanden sich noch ungelöst im Boden, so daß eine Wirkung nicht eingetreten sein konnte. Eine zweite Kontrolle am 3. August ergab, daß das in fester Form gegebene Eisenvitriol, sowie auch das Kalisalz sich inzwischen gelöst hatten. Lediglich größere Kristalle Eisenvitriol waren noch nicht ganz zerfallen. Irgend eine Wirkung dieser beiden Mittel auf die Reben konnte jedoch nicht festgestellt werden. Die mit gelöstem Eisenvitriol behandelten Stöcke zeigten sich hingegen nunmehr wieder sämtlich gesund und grün, und zwar sowohl in Versuch 1 als auch in Versuch 3. Die Triebbildung war hingegen nicht beeinflußt; Triebe und Blätter waren noch zwerghaft klein wie vor der Einleitung der Versuche. Allerdings war zu bedenken, daß die Jahreszeit bereits weit fortgeschritten war, und die Triebbildung auch bei gesunden Stöcken fast vollständig aufgehört hatte. Die letzte Kontrolle am 13. August ergab dasselbe Bild. Es hatte also nur die Anwendung einer 10%igen Eisenvitriollösung Erfolg gehabt.

K. Müller (1924) gibt an, zwecks Behandlung der Chlorose an Reben, 300 g Eisenvitriol in einen rings um den Rebstock gezogenen Graben einzulegen und 5—10 l Wasser darauf zu gießen. Der Graben ist alsdann wieder mit Erde zuzudecken. Im Spätherbst soll man, um eine im folgenden Jahr auftretende Chlorose zu verhüten, die beim Rebschnitt entstehenden Schnittwunden mit einer 35—45%igen Eisenvitriollösung bepinseln. Die Krankheit kann man nach Müller aber auch durch wiederholte Bespritzungen des Laubes mit 1%iger Eisenvitriollösung bekämpfen (vgl. die Angaben von E. Hiltner 1924).

Nach L. Hiltner (1909) beruht die Chlorose der Reben häufig auf zu großem Kalkgehalt des Bodens. Er empfiehlt in diesem Falle eine Behandlung des Bodens und vor allem auch der Reben selbst mit Eisenvitriol. Man durchtränkt im letzten Falle den Boden rings um den Stock mit einer 10%igen Eisenvitriollösung, wobei man 5—10 l pro Stock gibt. Ein anderes von Hiltner vorgeschlagenes Verfahren ist die Herstellung eines Eisenvitriol enthaltenden Kompostes, mit dem die Rebstöcke gedüngt werden. Man schichtet zu diesem Zwecke abwechselnd Rebentrester und Kristalle von Eisenvitriol in einer Höhe von 15 bzw. 2 cm übereinander auf bis zu 2 m hohen Haufen. Da 3 kg Rebentrester 1 kg Eisenvitriol absorbieren, durchtränkt man das Ganze schließlich mit soviel

konzentrierter Lösung des Vitriols, bis dieses Verhältnis hergestellt ist. Nach ungefähr einem Monat ist das Eisenvitriol vollständig gelöst. Mit je 4 kg des Kompostes werden die Rebstöcke gedüngt.

Bemerkenswert ist ferner eine Mitteilung von Schulz (1921), wonach durch Einführung des Saftes mosaikkranker Pflanzen (Kohlpflanzen, Senf und Rüben) in gesunde Pflanzen auf letztere die Krankheit übertragen wurde. Auch Gardner und Kendrick (1921) gelang es, im Gewächshause gesunde Keimpflanzen von Soja durch Preßsaft kranker Keimpflanzen zu infizieren. Auf dem Felde mißlangen Impfungen mit Preßsaft kranker Sojablätter und solcher auch an Mosaikkrankheit kranker, benachbarter Exemplare von *Phaseolus vulgaris*. Aus Samen mosaikkranker Pflanzen entwickelten sich auf steriler Erde doch kranke Pflanzen.

### c) Versuche zur Förderung der Entwicklung der Pflanzen zwecks Erhöhung des Ernteertrages.

Abgesehen von den praktischen Versuchen zur Bekämpfung von Parasiten und Krankheiten der Pflanzen wurde die „Bauminjektion“ auch in solchen Fällen angewandt, wo es sich darum handelte, das Wachstum bezw. die Entwicklung der Pflanzen zu fördern und deren Erträgnisse zu steigern.

Petit und Calvino (1919) haben Baumbehandlungen zu diesem Zwecke vorgenommen, und zwar verwandte Calvino eine Lösung, bestehend aus:

18 l Wasser,
19 g Eisensulfat und
10 g Natronsalpeter.

Die Aufnahme der Lösung erfolgte innerhalb dreier Tage. Die Einführung der genannten Stoffe hatte zur Folge, daß das Laub besser aussah; Früchte wurden jedoch nicht erzielt. 1913 wurden Versuche an spanischem Flieder angestellt; die hierbei verwandte Lösung bestand aus:

20 l Wasser,
5 g Superphosphat,
5 g Kaliumsulfat,
5 g Natronsalpeter und
5 g Eisensulfat.

Pro Baum kamen 50 l zur Anwendung. Das Ergebnis war insofern gut, als bessere Blüten erzielt wurden.

Bolley (1903, 1904, 1906) behandelte abgestorbene Pflaumen- und Apfelbäume erfolgreich mit 1,2—2%igen Formaldehydlösungen.

Fron (1909) wandte bei Pfirsichbäumen Eisensulfat und Kalziumnitrat an. Die Stärke der Bäume schien daraufhin zugenommen zu haben, aber nur einzelne Partien derselben schienen besser.

Sanford (1914) behandelte einen alten Pfirsichbaum, der angeblich nichts mehr wert war, indem er an demselben ein Bohrloch von 3/8 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Tiefe anbrachte. Dieses wurde alsdann mit Kristallen von Kaliumzyanid angefüllt. Auf diese Behandlung hin war der Baum anscheinend viel kräftiger geworden; er trug außerdem eine schöne Ernte Pfirsiche.

Roth (1896) berücksichtigte bei seinen Versuchen die Bodenbeschaffenheit des Standortes der Pflanze. Er stellte eine Nährlösung folgender Zusammensetzung her.

Ein Liter Wasser enthielt:

1 g Kalisalpeter,
0,5 g Kalziumsulfat,
0,5 g Kalziumorthophosphat,
0,5 g Natriumchlorid,
0,5 g Magnesiumsulfat,
0,005 g Eisenchlorid.

Irgendwelche örtliche oder allgemeine Störungen wurden bei fortgesetzter Anwendung solcher Lösungen nicht festgestellt. Um krankhaften Veränderungen der Einführungsstellen durch Mikroorganismen vorzubeugen, wurden der Nährlösung 0,5 g Salizylsäure pro Liter zugefügt. Roth ging im übrigen von folgenden Gesichtspunkten aus:

1. können mit Hilfe des Verfahrens dem Baume die zu seinem Wachstum und zur Erzeugung von Früchten erforderlichen Bestandteile in konzentrierterer Form, als sie in der Bodenflüssigkeit vorhanden sind, zugeführt werden. Es eröffnet sich hieraus vielleicht die Perspektive auf eine entsprechende Steigerung von Wachstum, Quantität und Qualität des Ertrages;
2. dürften durch künstliche Ernährung Bäume, welche auf sterilem, wasserarmen Boden stehen, von diesem selbst und von den dürftigen Quellen seiner natürlichen Feuchtigkeit in hohem Grade unabhängig gemacht werden;
3. gewährleistet die Methode die Möglickeit, die zur Hervorbringung von Blüten und Früchten notwendigen Bestandteile in genau dosierter Menge Bäumen zuführen zu können, welche jene Bestandteile in der natürlichen Bodenfeuchtigkeit nur unzureichend oder gar nicht vorfinden. Das Moment, daß der Bodenfläche selbst durch Ausstreuen oder Begießen behufs Assimilierung durch die Wurzeln einverleibten Pflanzenernährungsstoffe nur zu einem winzigen Bruchteil an den Ort ihrer Wirkung gelangen, der größte Teil aber unabsorbiert in die Tiefe geht, bildet außerdem noch einen bedeutsamen, ökonomisch ungünstigen Gegensatz zu der nach diesem Prinzipe zu bewirkenden, rationellen Ausnutzung aller Nährsubstanzen.

## C. Arbeiten und Versuche auf verwandten Gebieten.

Als verwandte Gebiete sind, wenn man die angewandten Methoden in Berücksichtigung zieht, die Holzimprägnierung und die Holzfärbung (Herstellung von Farbhölzern) durch Durchtränkung lebender Bäume mit geeigneten Stoffen zu betrachten. Die hier zu beschreibenden Versuche geben sowohl Aufschluß über die angewandte Technik als auch über die Art der Ausbreitung der einverleibten Stoffe.

### a) Holzkonservierung durch Durchtränkung lebender Bäume.

Boucherie (1840—41) veröffentlichte Berichte, wonach lebenden Bäumen zwecks Konservierung des Holzes Chemikalien einverleibt wurden. Seine Methode tötete jedoch die Bäume ab. Auch Shewirjeff (1904) dachte daran, daß die Methode der „Bauminjektion" zur Konservierung von Bauholz verwandt werden kann.

### b) Herstellung von Farbhölzern durch Durchtränkung lebender Bäume.

Man hat hier die Eigenschaft der Bäume, Farbstoffe aufzunehmen, praktisch verwertet. Das gefärbte Holz wird, nachdem es getrocknet ist, in Möbelfabriken verwendet; auch dient es zur Herstellung kleinerer Ziergegenstände, wie Dosen usw. Man hofft, daß dieses Verfahren geeignet ist, der Edelholzindustrie wertvolle Dienste zu leisten. Nach einer schriftlichen Mitteilung der Firma Färbbaum, Deutsche Edelholz-Aktien-Gesellschaft, Dresden, wird die Durchfärbung des Holzes am lebenden Baum wie folgt vorgenommen: Für die Behandlung kommen folgende Hölzer in Betracht: Ahorn, Aspe, Birke, Rot- und Weißbuche, Erle, Linde, Fichte, Kiefer und Tanne, sowie alle Hölzer der Gruppen *Abies*, *Sorbus*, *Platanus*, *Picea*, *Castanea* und *Aesculus hippocastanum*. Die Bäume selbst werden zum Zwecke der „Impfung" in etwa 30 cm Höhe über dem Boden angebohrt, so zwar, daß das Innere des Stammes vollkommen aufgeteilt ist. Diese Stammaufteilung ist der Firma patentrechtlich geschützt worden (das Verfahren nach Reimann?). Die Bohrlöcher werden bis auf eines geschlossen. In das offen gebliebene wird ein Hahn eingeschlagen, der durch einen Gummischlauch mit dem die Farbe enthaltenden Gefäße in Verbindung steht. Dieses Färbgefäß hält ungefähr 50 Liter; es wird nach dem Leerlaufen immer wieder gefüllt, bis die Absorption beendet ist; dies ist daran zu erkennen, daß sich die Blätter oder Nadeln färben. Für einen Baum von einem Kubikmeter Inhalt sind etwa 600 Liter Farblösung nötig. Die anzuwendenden Lösungen sind verschiedener Art. Einesteils werden Anilinfarben, andererseits aber auch sogenannte Entwicklungsfarben verwendet. Von den Anilinfarben spielen hauptsächlich Azo- und Diazokörper, sowie substantive Farbstoffe der Phenolgruppen eine Rolle, während von den Entwicklern sich Ursole verschiedener Konstitution hervorragend bewährt haben. Die Lösungen selbst

waren 0,5—1%ig. Was die Dauer der Behandlung betrifft, so währte diese vier Tage bis höchstens vier Wochen. Letztere Zeitspanne nahmen die Nadelhölzer in Anspruch, weil sie bei ihrem hohen Gehalt an Lipoiden und Harzen längere Zeit brauchen, um die Farben anzunehmen. Die Durchfärbung ist eine nahezu vollkommene. Verharzte oder faule Stellen usw. färben sich allerdings nicht, doch ergeben sich dadurch oft die schönsten künstlerischen Wirkungen. Die Firma teilt mit, daß sie auch bereits einem Verfahren auf der Spur ist, abgestorbene Bahnen wieder leitend zu machen. Die Färbung selbst ist vollkommen intrazellulär. Es erfolgt also nicht nur ein Farbenniederschlag auf die Holzfaser, sondern die Lösungen, die molekular dispers sein müssen, dringen durch die sogenannten Holztüpfel bis in den Zellkern ein und bilden mit den Protoplasten feste Farblacke. Hierauf dürfte es wohl auch zurückzuführen sein, daß das so gefürchtete „Arbeiten" des Holzes auf ein Minimum herabgedrückt wird. Denn das „Arbeiten" erfolgte eben doch durch Umsetzung der im Holz befindlichen Eiweißkörper, die nun aber zum größten Teil durch die eindringenden Farbstoffe gebunden werden. Die Farben sind nach den bisherigen Erfahrungen durchaus lichtecht, ja die Stoffe der Ursolgruppe haben sich sogar als vollkommen widerstandsfähig gegen Behandlung mit hochprozentiger Ätznatronlauge erwiesen. Die Menge der anwendbaren Farben ist unbeschränkt; es lassen sich alle Nuancen vom leuchtenden Rot bis zum fast schattenfreien Schwarz erzielen. Die Firma hofft die Darstellung eines reinen, absoluten Schwarz im Laufe der neuen Behandlungsperiode, die am 1. April beginnt, ermöglichen zu können. Zahlreiche Muster, die mir zur Verfügung gestellt wurden, deren Reproduktion hier leider nicht möglich war, illustrieren in trefflicher Weise die vorstehenden Angaben. Kleinstück (1914) teilt mit, daß er unter Mitwirkung von Wislicenius in Tharandt ein Verfahren ausgearbeitet hat, mit dem man bei allen heimischen Holzarten die schönen Altersfarben, die das Holz in den Alpen unter Lichteinwirkung annimmt, durch die ganze Masse des Holzes künstlich erzeugen und sogar unter gewissen Voraussetzungen Eichenholz bis zum tiefen Schwarz verfärben kann, so daß es in keiner Weise den sogenannten Moor- oder Wassereichen nachsteht. Gerbstoffhaltige Hölzer gaben andere Wirkungen als gerbstofffreie, und harzhaltige andere als harzfreie. Kleinstück hat den Gedanken, den natürlichen Saftauftrieb der lebenden Pflanzen nutzbar zu machen, wieder aufgenommen und bei den Deutschen Werkstätten, Hellerau, vor zehn Jahren Versuche angestellt, um die Saugkraft der Bäume zahlenmäßig festzustellen. Das Boucheriesche Verfahren, den Baum einzuhauen oder einzusägen, oder die Farbflüssigkeit durch bloßgelegte, bzw. zum Teil abgesägte Wurzeln aufsaugen zu lassen, erwies sich als ungeeignet. Er empfiehlt deshalb ein planmäßig über den Querschnitt des Baumes verteiltes System von Bohrungen durch die ganze Stammbreite durchzuführen, wobei das eine Ende

mit gutsitzendem Kork verschlossen, das andere aber mit einem Zuleitungsrohr versehen wird; letzteres steht mit einem Zuleitungsbehälter in Verbindung. Läßt man dann die Flüssigkeit langsam in den Stamm einfließen und lüftet einige Augenblicke, so wird die Luft aus dem System entfernt und die Bohrkanäle werden ganz mit Flüssigkeit gefüllt. Seit zehn Jahren benutzt Kleinstück Anilinfarbstoffe in 1 %iger wässeriger Lösung, doch taugen nicht alle Farbstoffe gleichgut für die Holzfärbung. Methylenblau und Malachitgrün färben z. B. das Birkenholz ganz gleichmäßig und einheitlich; Eosin läßt das Holz nur rot geädert erscheinen. Jedenfalls sind nur solche Farbstoffe als geeignet zu bezeichnen, die im Wasser leicht löslich, kristallinisch und lichtecht sind. Bei Laubbäumen kann die Färbung nur im Sommer vorgenommen werden, bei Nadelbäumen aber bis tief in den Herbst.

## III. Eigene Versuche.

Die Anregung zu den in den Jahren 1922, 1923, 1924 und 1925 angestellten, nachfolgend zu beschreibenden Untersuchungen gaben, wie bereits mitgeteilt, ein paar vor mehreren Jahren (1920) ausgeführte und zwar Erfolg versprechende Versuche. Ausschlaggebend für die Aufnahme der Versuche zu einer inneren Therapie der Pflanzen waren jedoch eine Reihe bekannter, aber für das Problem wichtiger Tatsachen, auf die ich noch zurückkommen werde. Die ebenso interessanten, wie mannigfaltigen Versuche selbst dienten sowohl der allgemeinen Orientierung (Vorversuche), als auch zur Klärung bestimmter und zwar grundlegender Fragen (spezielle Versuche).

### A. Versuche (1920).

Im August 1920 hatte ich Gelegenheit, einen Versuch zur Bekämpfung von Blattläusen durch Einführung von Chemikalien in den Saftstrom der befallenen Pflanzen durchzuführen. Hierbei wurden abgeschnittene Zweige, die über und über mit schwarzen Blattläusen bedeckt waren, in mit Wasser verdünnten Alkohol, sowie in wässerige Lösungen von Chloralhydrat eingestellt. Gleichzeitig in Wasser gestellte, befallene Zweige dienten als Kontrolle.

Versuche mit Alkohol absolut: Zur Anwendung kamen 5, 10, 15 und 20 %ige wässerige Verdünnungen. Bereits am ersten Tage zeigten sich von den mittleren und seitlichen Blattrippen ausgehend Bräunungen an den Blättern; diese traten am stärksten bei den in 20 %iger Verdünnung stehenden Zweigen auf. Die Intensität dieser Schädigung nahm mit Abnahme der Konzentration des Alkohols ab. Bei den in einer 5 %igen Verdünnung stehenden Zweigen war eine Schädigung nicht mehr zu erkennen. Mit dieser Wirkung des Alkohols auf die Pflanzen war nun

gleichzeitig eine Wirkung auf die Blattläuse verbunden, indem diese, und zwar besonders von den in stärkeren Konzentrationen stehenden Zweigen abwanderten. Am dritten Tage der Behandlung waren die in 10—20 %igem Alkohol stehenden Zweige sehr stark beschädigt (die Blätter waren vollständig braun und welk geworden), während die in 5 %igem Alkohol eingestellten Zweige noch völlig frisch waren. Die Blattläuse waren auch von diesen (in 5 %igem Alkohol stehenden, unbeschädigten Zweigen) restlos abgewandert. Die Kontrollzweige waren unverändert und dicht mit Blattläusen besetzt. Eine Feststellung der jeweils von den Zweigen aufgenommenen Flüssigkeitsmenge wurde leider unterlassen.

Versuche mit Chloralhydrat: Zur Anwendung kamen 5, 10, 15 und 20%ige wässerige Lösungen. Bereits am ersten Tage der Behandlung zeigten sich an allen Zweigen schwere Schädigungen; sämtliche Blätter hatten sich kaffeebraun gefärbt. Beachtenswert scheint die Tatsache, daß hier die Bräunung nicht von den Blattrippen ausging; vielmehr traten die Flecken an verschiedenen Stellen der Blätter, und zwar ganz unregelmäßig auf. Am dritten Tage der Behandlung waren alle Blätter verwelkt. Die Blattläuse waren sämtlich abgewandert; auch lagen sehr viele tot unter den Zweigen am Boden. Auch in diesem Falle unterblieb eine Feststellung der von den Zweigen aufgenommenen Flüssigkeitsmenge.

## B. Tatsachen, die für die Möglichkeit einer inneren Therapie der Pflanzen sprechen.

Zur Vornahme weiterer Untersuchungen ließ ich mich, abgesehen von den Ergebnissen der eben beschriebenen Versuche, vornehmlich durch folgende, allgemein bekannte Tatsachen, die für die Möglichkeit einer inneren Therapie der Pflanzen sprechen, bestimmen:

1. Das Vorkommen gegen tierische und pflanzliche Parasiten, sowie nicht parasitärer Krankheiten, immuner Pflanzenarten bzw. Rassen;
2. den Umstand, daß es eine Reihe von Stoffen gibt, die in geringen Mengen angewandt, bereits eine starke Wirkung auf bestimmte Parasiten hervorrufen. Ich denke hier an die oligdynamischen Wirkungen der Metalle Cu, Hg und Ag, sowie deren Salze in bezug auf Pilze und
3. die Fähigkeit der Pflanzen, gewisse Stoffe aufzunehmen, zu transportieren und den Geweben mitzuteilen.

In Anbetracht der Bedeutung des soeben kurz Mitgeteilten für das ganze Problem erscheint es zweckmäßig, hierüber etwas eingehender zu berichten.

**a) Die Immunität der Pflanzen gegen tierische und pflanzliche Parasiten, sowie nicht parasitäre Krankheiten.**

Wie aus der Literatur hervorgeht, gibt es eine ganze Reihe sowohl tierischer als auch pflanzlicher Parasiten, die nur auf ganz bestimmten Pflanzenarten leben (z. B. monophage Insekten) und wiederum solche, die nur ganz bestimmte Rassen jener Arten befallen. Das Gleiche gilt auch für die nicht parasitären Krankheiten der Pflanzen. Man spricht hier von einer Immunität jener Pflanzen, und zwar ist diese dauernd, vererbbar, also genotypisch bestimmt. Weiterhin treten Fälle auf, wo die Pflanze nur zeitweilig, und zwar durch irgendwelche äußeren Einflüsse vor Befall mit Parasiten oder Krankheiten geschützt ist. Die Immunität der Pflanzen kann somit sowohl eine vorübergehende, als auch eine dauernde sein.

Für die natürlicher Weise auftretende vorübergehende Immunität der Pflanzen, die hier insofern besonders interessiert, als das innere Heilverfahren bezweckt, eine solche auf künstlichem Wege zu erzeugen, werden die verschiedensten Ursachen geltend gemacht. So konnte Spinks (1913), der eine Reihe von Versuchen mit Weizen- und Gerstenpflanzen anstellte, um den Einfluß verschiedener Ernährungsbedingungen auf den Befall mit Rost *(Puccinia glumarum)* und Mehltau *(Erysiphe graminis)* zu studieren, die Wahrnehmung machen, daß große Mengen leicht aufnehmbaren Stickstoffs (schwefelsaurer Ammoniak und Chilesalpeter) das Auftreten der genannten Pilzarten förderten. Mineraldünger (Kalisalze) verminderten die Empfänglichkeit; auch ungenügend mit Stickstoff ernährte Pflanzen erwiesen sich in erheblichem Maße widerstandsfähiger. Lithiumsalze bewirkten ebenfalls Widerstandsfähigkeit. Blei- und Zinknitrat, namentlich das letztere, erhöhten wiederum die Anfälligkeit. Spinks kommt nach seinen Beobachtungen zu der Ansicht, daß die erhöhte Immunität nicht, wie Ward angenommen hat, auf der Abwesenheit des für den Parasiten erforderlichen Nahrungsmaterials liegt. Comes (1913) wiederum hat zur Frage, inwieweit Stickstoffdüngungen durch ihre säureverringernde Wirkung die Widerstandsfähigkeit der Getreidepflanzen gegen Rost beeinträchtigen, neue Beiträge geliefert. Zuckerhaltige Flüssigkeiten bilden nach seiner Ansicht den geeignetsten Nährboden für die Entwicklung von Pilzen. Stickstoffdüngungen (Stalldünger) regen zu massiger Entwicklung der Gewebe, zu vermehrter Stärkeentwicklung, zu einer Steigerung der reduzierenden Zuckerarten und zu einer Verminderung der organischen Säuren in den Pflanzensäften an. Wenn wildwachsende Pflanzen nicht nur gegen Parasiten, sondern auch gegen Einwirkungen physikalischer Natur sehr widerstandsfähig sind, so beruht diese Eigenschaft nach Comes weniger auf der größeren Dichtigeit und Festigkeit der Gewebe, als auf ihrem höheren Säuregrad. *Triticum spelta*, *Triticum polonicum*, *Triticum durum*, *Triticum turgidum* nähern sich mehr als die anderen Weizenarten der wilden Form. Erstere bilden glutenreiche, aber stärkearme Körner

letztere glutenarme und stärkereiche Körner aus. Aus der gemeinsamen Mutterpflanze sind durch die Veredelung je nachdem verschiedenartige Kulturabarten hervorgegangen, welche die auf dem Säuregrad der Gewebe beruhende Widerstandsfähigkeit weiter vererben können. Comes glaubt ferner, daß der Grad der Widerstandsfähigkeit durch klimatische Einwirkungen — immer im Zusammenhang mit dem Säuregrad — je nachdem gesteigert oder geschwächt werden kann. Er erinnert daran, daß die Weintrauben nördlicher Gegenden sauerer sind als in südlichen, und daß der rostbeständige Rietiweizen, welcher an seinem Ursprungsorte viel sauerere Pflanzensäfte als die sonstigen in der Gegend angebauten Abarten besitzt, im Säuregehalt abnimmt, sobald er in wärmeren Gegenden angebaut wird. Bei den Versuchen zur Erhöhung der Rostbeständigkeit bei Getreidearten hat nach seiner Ansicht die Anwendung von Stickstoffdünger zu unterbleiben.

Was den Einfluß des Entwicklungs- und Ernährungszustandes der Pflanzen auf die Anfälligkeit gegen Parasiten und Krankheiten betrifft, so teilt Rippel (1921) mit, daß man festgestellt hat, daß ganz junge Pflanzenteile von den Uredosporen von *Puccinia graminis* nicht infiziert werden, auch diejenigen nicht, an denen bereits Teleutosporen ausgebildet waren. Diese letztgenannten Sporen werden erst gebildet, wenn die Pflanze einen gewissen Reifegrad erlangt hat, d. h. wenn sie in ein gewisses, weit vorgeschrittenes Erschöpfungsstadium getreten ist. Dies haben übrigens auch Magnus (1891) und Mergenthaler (1910) gezeigt. Mit dem Aufhören des Schossens liegen demnach die Verhältnisse für den Pilz am günstigsten. Es sind dann genügend Assimilate (Zucker vor allem) vorhanden und offenbar wird die Lebensenergie der Pflanzen durch die einsetzende intensive Inanspruchnahme und den starken Wasserverbrauch etwas geschwächt. Neger (1915) hat wiederum gefunden, daß der Eichenmeltau *(Microsphaera alni var. quercina)* nur Pflanzenteile befällt, die in der Vollkraft ihrer Entwicklung stehen, aber keine alternde Teile. Daß aber eine gewisse Schwächung die Pflanzen anfälliger machen kann, zeigt die Beobachtung von Rivera (1913), wonach der Eichenmeltau bei Blättern, die durch plötzliche Trockenhaltung, also Herabsetzung des Turgors geschwächt wurden, erheblich infektionstüchtiger war. Im übrigen machte Rivera die gleiche Feststellung bei dem Getreidemeltau *(Erisyphe graminis)*. Tischler (1911) wiederum teilt in bezug auf die in dem Rhizom der Zypressenwolfsmilch lebende Aescidiengeneration des Erbsenrostes *(Uromyces pisi)* mit, daß das Myzel nie in den Zellen des tätigen Vegetationspunktes anzutreffen ist, sondern, daß es erst in den älteren Zellen auftritt. Durch Kultur unter günstigen Verhältnissen kann man die Pflanzen zu schnellem Wachstum anregen, so daß der Pilz demselben nicht mehr zu folgen vermag. Auch hier tritt deutlich der Einfluß besserer Wasserversorgung hervor. Tischler teilt außerdem

mit, daß der Pilz offenbar auch von dem Vorhandensein von Zucker abhängig ist. Rippel weist nun darauf hin, daß dieses als anfällig geschilderte, mittlere Entwicklungsstadium sich durch das relative Überwiegen der Assimilate auszeichnet. Hiermit hängt seiner Ansicht nach eine andere Frage zusammen, nämlich die Beziehung zwischen Disposition bzw. Immunität zu dem Zucker- und Säuregehalt der Pflanzen. So haben nach Kirchner (1916) gegen Gelbrost immune Sorten von Weizen etwas höheren Säure- und etwas geringeren Zuckergehalt als anfälligere Sorten.

Rippel bespricht ferner die Frage, wie unsere gebräuchlichsten Pflanzennährstoffe in der Weise wirksam sein können, als sie die Pflanzen vielleicht länger auf einem mittleren Entwicklungsstadium halten oder ihnen schneller darüber hinweghelfen. Wollen wir nun eine schnelle Entwicklung der Pflanze durchführen, so muß die Assimilation im Vergleich zu der Aufnahme der Nährsalze gesteigert werden. Es kann dies z. B. durch reichliche Kohlensäurezufuhr in der Luft geschehen. Fischer (1919) will bemerkt haben, daß derart behandelte Pflanzen widerstandsfähiger gegen Schädlinge sind. Rippel jedoch legt auf diese vereinzelte Beobachtung keinen großen Wert. Im übrigen käme auch praktisch im Felde eine Kohlensäuredüngung gar nicht in Frage, hier wäre lediglich eine sorgfältige Bodenbearbeitung angebracht, sowie die gleichzeitige Anwendung organischer Dünger. Trotzdem ist es nach Rippels Ansicht auch hier durchaus unwahrscheinlich, daß man auf diese Weise etwas Wesentliches erreichen würde. Ein anderer Weg, die Beschränkung der Nährsalze, die das Verhältnis zu Gunsten der Assimilate verschiebt, wodurch die Entwicklung beschleunigt wird, käme in Betracht. Rippel führt eine Reihe von Düngestoffen auf und bespricht deren Eigenschaften.

Zimmermann (1924), der diesem Gegenstand (die Änderung der Resistenzmöglichkeit durch Zuführung von Düngemitteln und Giften) ebenfalls einen Abschnitt gewidmet hat, referiert eine Anzahl diesbezüglicher Arbeiten, und zwar solche von Daniel (1908), Denck (1921), Jordi (1906), Kraus (1921), Laurent (1899), Rivera (1913), Spinks (1913), Stutzer (1917) und Vavilov (1918), auf die hier lediglich aufmerksam gemacht sei.

Als weitere Faktoren, die auf die Anfälligkeit der Pflanzen gegen Parasiten von Einfluß sein können, sind die Temperatur, die Beleuchtung, der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der Wassergehalt des Bodens u. a. m. zu nennen. Auch hierüber liegen zahlreiche Mitteilungen, die sich auf *Erysipheen* und ihre Wirtspflanzen beziehen, vor, und zwar von Aichholz (1921), Ballard und Volk (1914), Groß (1921), Losch (1921), Neger (1915), Rebholz (1921), Rivera (1913, 1915), Salmon (1904—1905), Schaffnit (1912), Sempert (1921), Schipper (1921), Steffen (1921), Vavilov (1918), Voglino (1905) und Zorn (1921). Ich verweise auch hier auf das Sammelreferat von Zimmermann (1924), in welchem die erwähnten Schriften zitiert und besprochen sind. Zimmermann glaubt

im übrigen auf Grund der vorliegenden Beobachtungen annehmen zu müssen, daß bei der Immunität die chemischen Beziehungen zwischen Parasit und Wirtspflanze die Hauptrolle spielen. Eine Vollinfektion kann also beispielsweise bei den *Erysipheen* nur dann stattfinden, wenn die Zellen von Parasit und Wirtspflanze so gegeneinander abgestimmt sind, daß beide, nachdem sie miteinander in Berührung getreten sind, lebensfähig bleiben.

Was die dauernde Immunität der Pflanzen anlangt, so kennen wir nur eine Form derselben, nämlich die körpereigene, erbliche Immunität. Börner und andere haben wiederholt auf die Bedeutung derselben für den Pflanzenschutz hingewiesen und sich auch aus diesem Grunde mit der Züchtung gegen gewisse Schädlinge immuner Rassen wirtschaftlich wichtiger Pflanzenarten befaßt. Börner (1914) beispielsweise hat durch jahrelange Beobachtungen und Versuche festgestellt, daß es gegen die Reblaus immune Reben gibt, und daß die Immunität gewisser Reben unabhängig von äußeren Faktoren, wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Ernährung ist; auch die Jahreszeit blieb hier ohne Einfluß. Weder im Frühling, Sommer oder Herbst, noch im Freilande, noch im Gewächshause, noch bei verschiedener Düngung konnten die betreffenden Reben infiziert werden; sie bildeten weder Wurzelknoten (Nodositäten oder Tuberositäten) noch Blattgallen. Bei einzelnen Sorten konnte die Immunität seit 1910 festgestellt werden. Börner ist der Ansicht, daß dies auch für andere immune Reben zutrifft. Kreuzungsversuche haben ergeben, daß die Immunität auf die Mehrzahl der Nachkommen vererbt wird und sich die Eigenschaft der Immunität als dominant erwies. Demnach würde also die Bildung von Blattgallen und Wurzelknoten eintreten, wenn die Immunitätsfaktoren fehlen, oder wenn diese bei Gegenwart anderer Eigenschaften nicht zur Geltung kommen können. Rasmusen konnte dies im Sommer 1913 nachweisen. Die wahren inneren Ursachen der Immunität und Resistenz zu erforschen, war Börner mit den bisherigen Untersuchungsmethoden nicht möglich. Er hält es aber für ausgeschlossen, daß hier quantitative Unterschiede im Gehalt der Rebensäfte an organischen Säuren in Betracht kommen. Immun waren in erster Linie die reinen Rassen von *Vitis Riparia (Vulpina)* und eine Anzahl Nummern der Geisenheimer und Laquenexyer Sortiments. Ferner *Vitis Rubra* und mehrere Hybriden.

Sehen wir nun von den Feststellungen in bezug auf die Reblaus ab, so gibt es außerdem noch eine ganze Reihe ähnlicher Beispiele. So berichtet Müller (1913) über Versuche in bezug auf die Auswahl von Reben, die gegen den Wurzelschimmel widerstandsfähig sind. Schon unter den einheimischen Sorten zeigte sich eine verschiedenartige Widerstandsfähigkeit. Am widerstandsfähigsten waren die Amerikanerreben. Voges (1913) stellte eine ungleichartige Empfänglichkeit bei den verschiedenen Apfelsorten gegen Krebsbefall fest. Die Ansicht von Münch, wonach

luftreiches Gewebe „krebssüchtig“ ist, wurde durch entsprechende Versuche von dem Verfasser widerlegt. Otto (1913) hat beobachtet, daß *Anthonomus pomorum* an den verschiedenen Apfelsorten in verschiedenem Maße auftritt. Er bringt dieses Verhalten in Zusammenhang mit bestimmten, für das Insekt unangenehmen Stoffen und empfiehlt, diese Stoffe ausfindig zu machen, um sie dann als Bekämpfungsmittel zu verwenden. Trägårdh (1913), der in Schweden Nachforschungen über die Lebensweise, die Art der Verbreitung, den Schädigungsumfang etc. der Apfelmotte (*Agyresthia conjugella)* anstellte, machte hierbei die Wahrnehmung, daß die verschiedenen Apfelsorten sich verschieden gegen den Schädling verhalten. Die Sorte Melone wurde zu 80 %, Coxs Orangenreinette dagegen nur zu 2,5 % befallen. Von Belang war, ob der Fruchtknoten zur Zeit der Eiablage noch behaart war oder nicht, denn behaarte Fruchtknoten wurden gemieden. Pethybridge (1913) berichtet, daß, wie in den Vorjahren, so auch 1912 wieder bestimmte Sorten von Kartoffeln in Irland eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen den Befall mit *Phythophthora* zeigten. Der Grund für dieses Verhalten kann nach Ansicht des Autors in der Beschaffenheit des Periderm der Knolle, bezw. der Epidermis der oberirdischen Pflanzenteile oder in inneren Eigenschaften zu suchen sein. Impfversuche an Kartoffeln, deren Schale entfernt wurden, lehrten, daß innere Eigenschaften die Widerstandsfähigkeit bedingen. Pethybridge glaubt, daß es an Hand von Laboratoriumsversuchen möglich sein wird, die Widerstandsfähigkeit einer Kartoffelsorte gegen *Phythophthora* zu bestimmen. Spätreife und Grad der Widerstandsfähigkeit scheinen Hand in Hand zu gehen. Kirchner (1912) stellte in Württemberg gegen Rost- und Brandarten widerstandsfähige Weizensorten fest. Gegen *Tilletia caries* erwies sich seit 7 Jahren sehr widerstandsfähig Hohenheimer Nr. 77 (nur 0,57 % Brandähren). Unter den Sommerweizen blieb der rote, kahle Wunderweizen, wie in den letzten drei Jahren gänzlich brandfrei. In Queensland Agricultural Journal Bd. 30 (1913) wird die Prüfung von 30 Weizensorten auf ihre Empfänglichkeit gegenüber Flugbrand mitgeteilt. Brandfrei blieben 6 Sorten. K. Müller (1922) weist in seinem Buch „Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung“ darauf hin, daß die verschiedenen Sorten der europäischen Rebe gegen die *Peronospora*-krankheit nicht gleich empfänglich sind. Was die Ursache dafür ist, kann allerdings zur Zeit noch nicht mit Sicherheit angegeben werden. Nach Müller steht aber allem Anschein nach die Widerstandsfähigkeit im Zusammenhang mit der Konzentration des Zellsaftes in den Zellen oder mit dem Wasserdampfgehalt in den Interzellularräumen, der, je nach der Witterung, erheblichen Schwankungen unterworfen sein kann. Deshalb sind wohl auch die Sorten mit besonders wasserreichem Gewebe, wie Gutedel, Portugieser u. a. am stärksten der Krankheit ausgesetzt. Aber auch bei ein und derselben Sorte steigt die Empfänglichkeit um so stärker

je geringer infolge nassen oder kühlen Wetters die Verdunstung der Pflanzen ist, weil dann der Wassergehalt des Gewebes erhöht wird. Die Mitteilung, daß auf verschiedene Unterlagen gepfropfte Reben in bezug auf die *Peronospora*empfänglichkeit ungleich sein sollen, je nachdem sie auf einer starkwüchsigen Unterlage stehen und darum selbst sehr mastig werden oder auf einer schwachwüchsigen, würde hierdurch ihre Erklärung finden. Nach Müller spielt vielleicht aber auch der Gehalt des Zellsaftes an organischer Säure bei der Widerstandsfähigkeit der Sorten eine Rolle, denn solche, die einen geringen Säuregehalt aufweisen, sind im allgemeinen die empfänglichsten. Unter den europäischen Rebsorten widerstehen keine der *Peronospora*, hingegen aber die meisten in Amerika einheimischen, und außerdem zahlreiche Kreuzungen zwischen amerikanischen und europäischen Reben. Die Taylorrebe, eine Kreuzung amerikanischer Arten, zeigt zwar verhältnismäßig widerstandsfähige Blätter, wird aber von der Lederbeerenkrankheit heimgesucht. Müller regt, wie auch andere an, das schon seit Jahrzehnten, allerdings erfolglos angestrebte Ziel nicht aus dem Auge zu verlieren, Sorten durch Kreuzung und Selektion zu erhalten, die gegen die überaus schädliche Pilzkrankheit weniger empfänglich sind als die bisherigen. Salmon (1921) teilt mit, daß sich die verschiedenen Formen des Hopfens durch eine größere oder geringere Widerstandsfähigkeit gegen den Mehltau *(Sphaerotheca humuli)* auszeichnen; es sind Rassen bekannt, die als völlig unanfällig zu bezeichnen sind. Weiterhin sei auch auf die Immunität zahlreicher Apfelsorten gegen Blutlausbefall hingewiesen. Frickhinger, Speyer (1924) und Stellwaag (1924) haben hierüber eingehend berichtet.

Bemerkenswert ist ferner eine Mitteilung von Vavilov (1918), daß gegen *Erysiphe graminis* immune Weizensorten trotz verschiedener Behandlung des Bodens stets immun blieben.

Wenn wir nun eine ganze Reihe von Pflanzenarten bezw. -rassen kennen gelernt haben, die sich einerseits infolge verschiedener Einflüsse als zeitweilig, andererseits als dauernd immun gegen bestimmte Parasiten oder Krankheiten erwiesen haben, so deutet bereits jene Tatsache darauf hin, daß wir, um Pflanzen gegen irgendwelche Schädlinge oder Krankheiten unanfällig zu machen, zwei Methoden zur Anwendung bringen können. Die eine Methode ist das innere Heilverfahren, die andere die Züchtung dauernd, also erblich immuner Pflanzenrassen.

Was nun die Züchtung gegen Parasiten oder Krankheiten immuner und dabei brauchbarer Rassen wirtschaftlich wichtiger Pflanzenarten betrifft, so ist diese für den Pflanzenschutz von größter Bedeutung. Diesen Dingen wird also auch in Zukunft alle Aufmerksamkeit zu widmen sein. Die Wege, die hier zum Ziele führen können, sind mannigfacher Art; sie dürften in ihren Grundzügen wohl jedem, der sich mit der Züchtung neuer Pflanzenrassen befaßt, bekannt

sein. Immerhin bedarf es hier einer großen Sachkenntnis und der Durchführung zahlreicher Untersuchungen. Ich möchte hier nur auf die zahlreichen Veröffentlichungen hinweisen, die sich mit der Immunisierung der Reben gegen die Reblaus befassen. Erwähnt sei hier nur die Arbeit Stellwaag's (1924) betitelt „Die Grundlagen für den Anbau widerstandsfähiger Unterlagsreben zur Immunisierung verseuchter Gebiete". Anregungen allgemeiner Art finden wir in einer Abhandlung von Köck (1924) über die Rolle der Immunitätszüchtung im modernen Pflanzenschutz.

Dem inneren Heilverfahren, das vielleicht einmal von größter Bedeutung für den Pflanzenschutz sein wird, liegt hingegen der Gedanke zu Grunde, auf künstliche Weise Veränderungen im Innern der Pflanzen hervorzurufen, die eine, wenn auch nur zeitweise Immunisierung derselben gegen bestimmte Parasiten oder nicht parasitäre Krankheiten zur Folge haben.

Die Möglichkeit diesen Gedanken zu verwirklichen ist um so größer, als wir eine ganze Reihe von Stoffen kennen, die bereits in kleinsten Dosen angewandt, eine bakterizide und fungizide Wirkung zeigen. Es ist daher anzunehmen, daß dieselben, es handelt sich vornehmlich um die Metalle Kupfer, Quecksilber, Silber und deren Salze, in den Saftstrom (Transpirationsstrom) der Pflanze gebracht, die Pflanze gegen gewisse Parasiten immun werden lassen bezw. bereits vorhandene Parasiten abtöten. Was die Wirkung jener Stoffe auf die Parasiten und die Ausbreitungsmöglichkeit derselben in der Pflanze betrifft, so sei hierauf im Nachfolgenden näher eingegangen.

### b) Die oligodynamischen Wirkungen der Metalle Cu, Hg und Ag sowie ihrer Salze.

Wie durch die Arbeiten von Wöber (1920) bekannt wurde, haben sich besonders Kupfer, Quecksilber und Silber, sowie deren Salze als äußerst wirksam auf verschiedene Pilzsporen erwiesen; man hat diese Wirkung kleinster Mengen als oligodynamische Wirkungen bezeichnet. Wöber teilt hierüber folgendes mit: „Innerhalb der Gruppe der fungiziden Schwermetalle sind die der Kupfergruppe, nämlich Kupfer, Silber und Quecksilber, die wirksamsten und giftigsten. Kupfersalze werden noch aus außerordentlich verdünnten Lösungen von lebenden Zellen im Protoplasma chemisch gebunden und gespeichert, was zum Tode der betreffenden Zellen führt. Millardet war einer der ersten, welcher auf die große Empfindlichkeit der Konidien der *Plasmopara viticola* gegen Kupferlösungen aufmerksam machte. Nach diesem sollte die Konzentrationsgrenze einer Kupfersulfatlösung, in welcher die Zoosporen des genannten Pilzes sich noch entwickeln, 3:10000000 sein. Silber, das nächste Glied der Kupfergruppe, wurde zuerst von Vermorel und

Dantony zur Bekämpfung der *Plasmopara viticola* angewendet, und sie fanden die Wirkung dieses Metalls stärker als die des Kupfers." Kotte (1924), der sich speziell mit der Chemotherapie der *Peronospora* befaßt hat, stellte fest, daß Kupfersulfat in 0,0012 %iger Lösung auf eine Suspension von 350 Konidien im Kubikmillimeter tödlich wirkte. Auf eine Suspension von 140 Konidien im Kubikmillimeter wirkte eine 0,0003 %ige und auf eine solche von 35 Konidien im Kubikmillimeter eine 0,000076 %ige Lösung abtötend. Nach Untersuchungen von Wüthrich (1892) (vgl. Hollrung) sind die Sporen von *Phythophthora infestans* sehr empfindlich gegen reine Kupfersulfatlösungen. Er fand, daß bei den in eine 0,00124 %ige Lösung eingetauchten Konidien die Bildung von Schwärmsporen unterbleibt, wohl aber noch vereinzelt direkte Auskeimung stattfindet, während in einer 0,0124 %igen Lösung überhaupt keine Keimung mehr erfolgt. Die Zoosporen stellen in der 0,00124 %igen Lösung binnen einer Minute jede Bewegung ein. Auch hier lassen nur wenige im Verlauf von 15 Stunden Keimschläuche hervortreten. Auf *Peronospora* wirkt Kupfersulfat noch stärker. So unterbleibt die Keimung und Schwärmsporenbildung schon bei Anwendung einer 0,00124 %igen Lösung. Die Zoosporen stellen nach einer Minute ihre Bewegungen ein und gelangen nicht zur Keimbildung. Was die Quecksilberverbindungen betrifft, so teilt Wüthrich (1892) mit, daß eine 0,00135 %ige Lösung von Quecksilberchlorid die Keimung der Konidien von *Phythophthora infestans* und *Plasmopara viticola* verhindert und die Zoosporen zum sofortigen Absterben bringt. Er gibt weiter an, daß die Keimung der Uredosporen von *Puccinia graminis* durch eine 0,0135 %ige, die der Aezidiosporen durch eine 0,00135 %ige Lösung verhindert wird. Bei dieser Gelegenheit sei auch auf die verschiedenen Saatbeizen hingewiesen, deren Wirkung auf Brandsporen usw. auf die in ihnen enthaltenen Metallsalze (meist Quecksilberverbindungen) zurückzuführen ist. Auch die in letzter Zeit im Pflanzenschutz des öfteren angewandten kolloidalen Präparate (meist Kupferpräparate) seien hier erwähnt.

Wenn wir nun aus Vorstehendem entnommen haben, daß es einerseits auf gewisse Parasiten der Pflanzen äußerst wirksame Stoffe gibt, und andererseits die Tatsache besteht, daß vornehmlich physiologische Verhältnisse die Nichtanfälligkeit oder Immunität der Pflanzen gegen Parasiten und auch nichtparasitäre Krankheiten bestimmen, so wäre trotz alledem mit der Möglichkeit, eine solche Immunität auf künstliche Weise zu erzielen, kaum zu rechnen, besäßen die Pflanzen nicht die Fähigkeit, Stoffe aufzunehmen, zu tranportieren und den einzelnen Zellen mitzuteilen.

### c) Die Transport- und Ausbreitungsmöglichkeit von Stoffen in den Pflanzen.

Wie wir durch unsere Pflanzenphysiologen (Pfeffer u. a.) wissen, ist die Pflanze, gewisse Umstände vorausgesetzt, in der Lage, bestimmte

ihr einverleibte Stoffe zu transportieren und somit deren Ausbreitung zu bewerkstelligen. Obwohl ich das physiologische Verhalten der Pflanze in bezug auf die Art des Stofftransportes und der Stoffausbreitung als bekannt voraussetze, seien hier, da es sich um einen der wichtigsten Faktoren des ganzen Problems handelt, die wesentlichsten Vorgänge kurz wiedergegeben[1]). Ich verweise hier im übrigen auf die Arbeiten von Sachs (1878), Wieler (1888), Strassburger (1891), Pfeffer (1897), Jost (1917) und Benecke (1924).

Die Hauptorgane der Pflanze, die für den Transport von Stoffen in Betracht kommen, sind:

1. die dem Wassertransport dienenden Gefäße, die Tracheen und Tracheïden (das Xylem), und
2. die der Eiweißleitung usw. dienenden Gefäße, die Siebröhren (das Phloëm).

Das Xylem bildet gemeinsam mit dem Phloëm die Leitbündel. Letztere sind bei den hauptsächlich hier in Frage kommenden dikotylen Pflanzen kreisförmig in den Stämmen und Stengeln angeordnet und erstrecken sich durch die ganze Pflanze. Die Gefäße setzen sich nach oben bis in die Blätter fort und bilden dort die Blattrippen oder Blattnerven, die mitunter ein feinverzweigtes Netzwerk darstellen. Nach unten gelangen sie bis in die feinsten Wurzeln. Wenn nun auch der Verlauf der beiden Gefäßarten durchaus derselbe ist, so ist die Richtung der in den Gefäßen zirkulierenden Säfte nicht immer gleich. Während in dem Xylem infolge des durch die Transpiration hervorgerufenen negativen Druckes und auch anderer Faktoren, das von den Wurzeln aufgenommene Wasser[2]) in einem kontinuierlichen Strom nach oben steigt, werden umgekehrt in dem Phloëm die in den Blättern bezw. chlorophyllhaltigen (grünen) Teilen der Pflanze erzeugten Assimilate von diesen weg, sowohl nach oben, als auch nach unten an solche Stellen gebracht, wo sie aufgespeichert werden oder wo ein Aufbau stattfinden soll. Jene Säftebewegungen sind jedoch nicht immer und auch nicht immer in der gleichen Stärke in der Pflanze vorhanden, auch ist die Geschwindigkeit des Transportes verschieden. Was den Wassertransport betrifft, so ist dieser während des Winters auf ein Minimum reduziert; eine Ausnahme machen die immergrünen Pflanzen, die auch im Winter ihr Laub behalten. Auch treten während der Vegetationszeit durch meteorologische Verhältnisse hervorgerufene Schwankungen auf, diese sind naturgemäß unregelmäßig. Ferner ist zu ganz bestimmten Zeiten, und zwar im Frühjahr zu Beginn der Vegetationsperiode, der Transpirations-

[1]) Hierbei wurden nur die Verhältnisse bei höheren Pflanzen berücksichtigt.

[2]) Das von der Pflanze aufgenommene und in den Gefäßen zirkulierende Wasser ist in Wirklichkeit eine sehr verdünnte wässerige Lösung von Stoffen, die aus dem Boden und auch aus der Atmosphäre stammen. Kraft des Wahlvermögens der Zellen (also auch der Zellen der Saugwürzelchen) trifft aber die Pflanze eine Auswahl unter diesen Stoffen.

strom besonders stark, desgleichen am Tage, zumal bei starker Sonnenbestrahlung[1]). Zu Ende der Vegetationsperiode, im Herbst und auch während der Nacht, ist der Wassertransport stark reduziert. Die Säftebewegungen des Phloëm sind hingegen von den Faktoren abhängig, die auf die Produktion und den Transport der Nährstoffe Einfluß haben.

Was nun den Weitertransport des in den Gefäßen befindlichen Wassers, also die Ausbreitung desselben in den Geweben, auf die es ja beim inneren Heilverfahren ganz besonders ankommt, betrifft, so gelangt dasselbe bereits auf seinem ganzen Wege, von der Wurzel bis zum Blatt, in die die Hauptgefäße (Tracheen und Tracheïden) umgebenden Zellen. Denn, wie es einerseits, bevor es in die Gefäße der Wurzeln gelangt, erst das Zellgewebe der feinsten Saugwürzelchen durchdringen muß, so gelangt es auch andererseits aus den Leitbahnen zunächst in die Zellen des diese umgebenden Gewebes und von dort wieder als Wasserdampf (Transpiration) ins Freie (z. B. durch die Spaltöffnungen). Zu diesem Eintritt in das Gewebe sind die Tracheen und Tracheïden, sowie die Gewebszellen besonders befähigt, indem sie mit Vorrichtungen versehen sind, die einen Stoffaustausch gestatten. Erwähnt seien hier die Tüpfel, die Zellfusionen usw. Die radiale Ausbreitung wird außerdem durch die trachealen Elemente der Markstrahlen unterstützt. Erwähnt sei hier, daß nicht der ganze Organismus der Pflanze mit Wasser durchtränkt ist. Bei den meisten Bäumen sterben bekanntlich in den zentralen, älteren Teilen des Holzkörpers die lebenden Elemente ab, die Wasserbahnen werden verstopft (Thyllenbildung), so daß nur die außen gelegenen Holzschichten, die aus den zuletzt entstandenen Jahresringen bestehen, noch lebende Zellen enthalten. Die abgestorbenen, nicht mehr leitfähigen Elemente bilden das Kernholz, die anderen den Splint. Die Wasserleitung ist also auf den Splint, sehr oft aber nur auf seine äußersten Schichten beschränkt. Zu den Bäumen, deren gesamtes Holz Splint bleibt (Splinthölzer), gehören die Ahornarten und die Birke. Weiterhin entbehrt die Borke des Wassers.

Was nun die Ursache jener Säftebewegungen betrifft, so sind diese verschiedener Art. Wie schon der Name sagt, wird der in dem Xylem zirkulierende Transpirationsstrom durch die Transpiration hervorgerufen; seine Stärke ist also von allen Faktoren, die Einfluß auf die Transpiration haben (Temperatur, Luftfeuchtigkeit usw.) sowie auch von der Bodenfeuchtigkeit abhängig. Über den Vorgang der Transpiration ist folgendes zu sagen. Eine der Luft ausgesetzte Epidermiszelle eines Blattes muß von dem Quellungswasser ihrer Zellhaut dauernd

[1]) An heißen Sommertagen werden von 1 bis 2 qcm Blattfläche in 24 Stunden 1 bis 10 g Wasser verdunstet. Bei großen Bäumen beträgt nach v. Höhnel die transpirierte Menge Wasser an besonders heißen Tagen 300 bis 400 Liter; im Durchschnitt jedoch etwa 60 bis 70 Liter pro Tag.

Wasser an die Luft abgeben („kutikuläre“ Transpiration), so daß die Zellhaut schließlich eintrocknen würde, erhielte sie nicht von dem Wasser des Plasmas, das seinerseits solches wieder aus dem Zellsaft erhält, entsprechenden Nachschub. Dieser ganze Vorgang bewirkt aber letzten Endes eine Konzentrationserhöhung des Zellsaftes. Um hier wieder einen Ausgleich zu schaffen, nimmt die transpirierende Zelle, der nunmehr eine Saugkraft innewohnt, von einer benachbarten, bereits im Innern des Blattes gelegenen Zelle, die nicht transpiriert, Wasser auf. Letztere deckt ihren Wasserbedarf wiederum aus einer benachbarten Zelle usw.; dieser Vorgang setzt sich also in die Tiefe der Gewebe fort. Außer den Oberflächenzellen, die mit der die Pflanzen umgebenden Atmosphäre direkt in Berührung stehen, können aber auch Binnenzellen, die an Interzellularräume grenzen, Wasserdampf abgeben („innere“ Transpiration). Zwischen diesen Interzellularräumen und der Außenwelt selbst besteht ein Konnex, und zwar durch die in den Blättern befindlichen Spaltöffnungen, durch die der Wasserdampf nach außen gelangt („stomatäre“ Transpiration). Als Ersatz des abgegebenen (transpirierten) Wassers dient nun das von den Gefäßen an die Gewebe herangebrachte Wasser. In die Gefäße selbst bezw. in die Pflanze gelangt es auf folgender Weise. Die an den Wurzeln befindlichen Wurzelhaare, die bekanntlich Ausstülpungen der Epidermiszellen sind, sind, sofern ihre Turgeszenz abnimmt, wie jede andere Zelle im Stande, ihrer Umgebung Wasser zu entziehen. Die Abnahme des Turgors bezw. die Erhöhung der Konzentration des Zellsaftes tritt nun dann ein, wenn infolge starker Transpiration die Gewebe, aus welchen sich die die Pflanzen durchziehenden Wasser transportierenden Gefäße entwickeln, unter starkem Wasserverlust zu leiden haben. Die Wurzelhaare geben also bei starker Transpiration der Pflanze, umgekehrt wie die Oberflächenzellen der Blätter, ununterbrochen das aus der Erde aufgenommene Wasser an die in der Tiefe liegenden Gewebszellen der Wurzel ab. Letztere wiederum teilen dasselbe den zunächst feinen Gefäßen, die sich schließlich zu den Hauptbahnen vereinigen, mit.

Wie nun aus zahlreichen pflanzenphysiologischen Schriften hervorgeht, gibt es eine ganze Reihe von Stoffen, und zwar Säuren und Alkalien, sowie auch organische Verbindungen, die, in schwacher Konzentration angewandt, äußerst schnell die Gewebe von Pflanzen zu durchdringen vermögen. Hierbei hat sich nun aber auch gezeigt, daß jene Chemikalien nicht immer unschädlich für die Pflanzen sind, und so schließt sich an die Frage der Transport- und Ausbreitungsmöglichkeit von Stoffen in den Pflanzen die ebenso wichtige Frage des Einflusses der Stoffe auf die Pflanzen an. Dementsprechend erstrecken sich die nachfolgend beschriebenen Versuche, die im übrigen vorgenommen wurden, bevor mir die im vorigen Abschnitt referierten amerikanischen und russischen Arbeiten bekannt wurden, auch auf dieses Gebiet.

## C. Vorversuche.

### 1. Versuche zwecks Feststellung der Wirkung verschiedener Stoffe auf die Pflanzen.

Um die Wirkung verschiedener Stoffe auf die Pflanzen kennen zu lernen, wurden einige Präparate in Form mehr oder minder stark verdünnter Lösungen[1]) mit Hilfe einer Morphiumspritze in die Stengel von Pflanzen injiziert[2]) oder abgeschnittene Zweige bzw. Triebe derselben in die betreffenden Lösungen eingestellt.

Folgende Pflanzenarten wurden verwendet:

1. *Tradescantia* spez. (eingetopfte Pflanzen und abgeschnittene Triebe).
2. Blumenbohne (eingetopfte Pflanzen).
3. *Geranium* spez. „ „
4. *Polypodium* spez. „ „
5. Kartoffel „ „
6. Brennessel (eingetopfte Pflanzen und abgeschnittene Triebe).
7. Trauerweide (abgeschnittene Triebe).

An Chemikalien kamen zur Anwendung:

1. Chinin. muriatic.-Lösung 1 : 500 (498 ccm Wasser + 1 g Chinin. muriatic. + 1 ccm Alkohol absolut.); ferner Lösungen von 1:100 und 1:1000.
2. Chinin. sulfuric.-Lösung 1 : 500 (498 ccm Wasser + 1 g Chinin. sulfuric. + 1 ccm Alkohol absolut.); ferner Lösungen von 1:1000 und 1:5000.
3. Alkohol absolut. wässerige Verdünnungen 1 : 10 bis 1 : 100.
4. Chloralhydrat wässerige Lösungen 1 : 10 bis 1 : 1000.
5. Kupfersulfat wässerige Lösungen 1 : 100 bis 1 : 1000000.
6. Kolloidales Kupfer + Ammoniak (1:10) wässerige Lösungen 1:1000 bis 1 : 10000.
7. Kolloidales Silber (Kollargol) + Ammoniak (1:10) wässerige Lösung 1 : 10000.
8. Kolloidales Quecksiber (Hyrgol) + Ammoniak (1:10) wässerige Lösung 1 : 1000.
9. Arsentrioxyd gesättigte wässerige Lösung.
10. Segetan I (eine Saatbeize) Stammlösung (ohne Farbstoffzusatz) wässerige Verdünnungen 1 : 100 und 1 : 10000.
11. Segetan II (eine Saatbeize) Stammlösung (ohne Farbstoffzusatz) wässerige Verdünnung 1 : 100.
12. Präparat Nr. 35 (in 100 ccm sind enthalten 7,3 g Kupfersulfat und 3 g Kupferacetat in Form von Kupferoxydammoniak; ferner 2,85 g Quecksilberbichlorid in Form von Quecksilberaceton).

---

[1]) Die angewandten Lösungen wurden der Praxis entsprechend mit Leitungswasser hergestellt.

[2]) Diese Art der Injektion bzw. der Einführung von Stoffen erwies sich als ungeeignet, denn es gelang nie, bestimmte Quanten zu injizieren. Bei Anwendung von Gewalt platzten die Stengel (bei Blumenbohnen) infolge des Überdrucks der Länge nach auf.

13. Präparat Nr. 48 (in 100 ccm sind enthalten 15 g Kupfersulfat in Form von Kupferoxydammoniak und 5,6 g Quecksilberbichlorid).
14. Präparat Nr. 49 (in 100 ccm sind enthalten 17,5 g Quecksilberbichlorid in Form von Acetonquecksilberchlorid).

## Versuche.

### I. Versuche mit Chinin. muriatic.

Injektionen mit Lösungen von 1:100 unter Zusatz von Rhodamin B (letzteres wurde zwecks Sichtbarmachung der Ausbreitung der Injektionsflüssigkeit beigefügt) in abgeschnittene Triebe von *Tradescantia*, die in Wasserkultur nach v. Crone gezogen wurden, ergaben keine Schädigungen der Pflanzen. Die Pflanzen waren, wie die Geschmacksprobe[1]) an Blättern ergab, bereits nach einer Stunde von den Lösungen durchdrungen; nach zwei Stunden war die Geschmacksprobe wieder negativ. Injektionen von wässerigen Lösungen 1:1000 unter Zusatz von Rhodamin B in die Stengel eingetopfter Bohnenpflanzen blieben ebenfalls ohne schädliche Wirkung auf dieselben. Auch hier waren die Pflanzen nach einer Stunde von den Lösungen vollständig durchdrungen. Ein in Wasserkultur gezogener, mit Wurzeln versehener Trieb von *Trandescantia* in eine Lösung 1:100 eingestellt, ließ jedoch keine Aufnahme und Ausbreitung mit Hilfe der Geschmacksprobe erkennen.

### II. Versuche mit Chinin. sulfuric.

Bewurzelte Triebe von *Tradescantia* wurden in Lösungen 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:3000 und 1:5000 eingestellt. Eine Aufnahme und Ausbreitung war mit Hilfe der Geschmacksprobe nicht feststellbar. Nach 24 Stunden waren die feinen Würzelchen, der Stärke der Lösungen entsprechend, mehr oder minder stark geschädigt. Ein in die Lösung 1:500 eingestellter, abgeschnittener Trieb wurde in vier Tagen geschädigt.

### III. Versuche mit Kupfersulfat.

Injektionen von Lösungen 1:100, 1:10000 und 1:1000000 in den Stengel abgeschnittener, in Wasser eingestellter Triebe von *Tradescantia* erwiesen sich mit Ausnahme der stärksten Konzentration als unschädlich. Der geschädigte Trieb zeigte schwarz umrandete Einstichstellen und braune Flecken an den Blättern. Die gleiche Konzentration (1:100) rief bei einer eingetopften Kartoffelpflanze 4 Tage nach der Injektion eine schwere Schädigung hervor. Eingetopfte Bohnenpflanzen zeigten 6 Tage nach der Behandlung braune Triebspitzen; sie waren nach 13 Tagen abgestorben (1:100 und 1:1000000). Bohnen der gleichen Versuchsreihe wurden 18 Tage nach Versuchsbeginn bei Anwendung einer Lösung von

[1]) Was den bitteren Geschmack des Chinins betrifft, so ist dieser in Verdünnungen bis zu 1:3000 noch gut wahrnehmbar; eine Konzentration von 1:1000 ist bereits sehr bitter.

1:10000 vernichtet. Es sei hier bemerkt, daß die injizierte Menge der Lösung bei diesen Versuchen nicht einheitlich war, und auch die Zahl der Einstiche variierte.

### IV. Versuche mit Chloralhydrat.

Injektionen von Lösungen 1:10, 1:25, 1:50, 1:100, 1:250 und 1:500 in die Stengel eingetopfter Bohnen riefen mit Ausnahme der stärksten Konzentration (1:10) keine Schädigung hervor. Die beschädigte Pflanze war 72 Stunden nach der Injektion an der Einstichstelle abgeknickt.[1]) Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Lösung wurde nicht festgestellt.

### V. Versuche mit diversen Stoffen unter Berücksichtigung der aufgenommenen Mengen.

Da die vorbeschriebenen Versuche keine Kontrolle über die Menge der von den Pflanzen aufgenommenen Stoffe zuließen, so wurden nunmehr Versuche folgender Art angestellt. Etwa 3—4 mm starke Glasröhren wurden U-förmig gebogen, und zwar so, daß ein Schenkel stets länger war als der andere. Diese Röhren wurden alsdann mit der zu prüfenden Lösung gefüllt, der abgeschnittene Trieb in den kurzen Schenkel eingesetzt und alsdann mit Plastilin abgedichtet (vgl. Abb. 10). Der Stand der Lösung in dem anderen, längeren Schenkel wurde bei Versuchsbeginn mit einem Farbstift markiert und bei Beendigung die Niveaudifferenz bestimmt. Die verbrauchte bezw. aufgenommene Menge der Lösung wurde hiernach berechnet. Dadurch, daß die Pflanze vor Beginn des Versuchs gewogen wurde, konnte stets sowohl die Menge der aufgenommenen Lösung, wie auch die der gelösten Substanz mit dem Gewicht der Pflanze verglichen werden. Es konnte somit auch festgestellt werden, ob die Lösung in genügender Menge in den pflanzlichen Organismus eingedrungen war. Nach Beendigung der Versuche wurden die Triebe in v. Crone'sche Nährlösung eingestellt und weiter beobachtet. Wie aus der tabellarischen Zusammenstellung der Versuche zu ersehen ist (vgl. Tabelle A), waren folgende Stoffe in den angegebenen Konzentrationen und Mengen für die Pflanzen *(Tradescantia)* unschädlich.

| Präparat | Konzentration | aufgenommene Flüssigkeitsmenge | Aufnahmedauer |
|---|---|---|---|
| Kupfersulfat | (1:10000) | ca. 30 % des Gewichtes der Pflanze, | 19 Stunden |
| Chinin. sulfuric. | (1:500) | „ 12 % „ „ „ „ | 20 „ |
| „ „ | (1:1000) | „ 14 % „ „ „ „ | 20 „ |
| Chloralhydrat | (1:1000) | „ 21 % „ „ „ „ | 20 „ |
| Alkohol absolut. | (1:50) | „ 27 % „ „ „ „ | 20 „ |
| „ „ | (1:100) | „ 33 % „ „ „ „ | 20 „ |
| Segetan I | (1:100) | „ 34 % „ „ „ „ | 24 „ |
| „ I | (1:10000) | „ 12 % „ „ „ „ | 23½ „ |
| „ II | (1:100) | „ 15 % „ „ „ „ | 28 „ |

[1]) Hieran ist wohl auch die rein mechanische Schädigung schuld.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Präparat | 48 | (1:100) | ca. 34 % des Gewichtes der Pflanze, | 22½ Stunden |
| „ | 48 | (1:10000) | „ 24 % „ „ „ „ | 22 „ |
| „ | 35 | (1:100) | „ 30 % „ „ „ „ | 21 „ |
| „ | 49 | (1:100) | „ 30 % „ „ „ „ | 21 „ |

Als schädlich haben sich erwiesen:

Kupfersulfat (1:100), aufgenommene Menge ca. 20 % des Gewichtes der Pflanze, Aufnahmedauer 19 Stunden.

Arsentrioxyd (gesättigte, wässerige Lösung), aufgenommene Menge ca. 30 % des Gewichtes der Pflanze, Aufnahmedauer 24 Stunden.

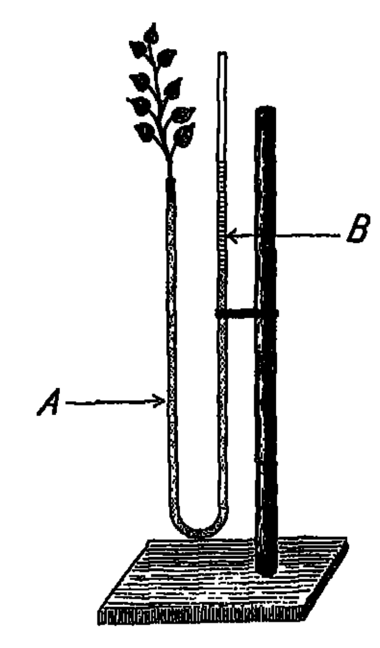



Abb. 10. Apparatur zur Bestimmung der Menge der vom Zweige aufgenommenen Flüssigkeit. A = U-Röhre; B = graduierter Teil der U-Röhre.

Die mit den kolloidalen Metallen, wie Kollargol (kolloidales Silber), Hyrgol (kolloidales Quecksilber) und kolloidalem Kupfer angestellten Versuche waren nicht einwandfrei. Einmal mußte zwecks Erlangung einer homogenen Lösung ein bestimmter Prozentsatz Ammoniak hinzugefügt werden, ferner hielten sich dieselben, was Hyrgol betrifft, nur einige Zeit; die Lösung setzte bald ab. Weiterhin wurde übersehen die lichtempfindliche Kollargollösung auch während des Versuches dunkel zu halten. Das kolloidale Kupfer mit Ammoniakzusatz schien in einer Konzentration von 1:1000 und 1:10000 unschädlich zu sein. Die Versuchspflanze *(Tradescantia)* war im übrigen auch für diese Art Versuche nicht sonderlich geeignet; es wurden daher späterhin stets andere Pflanzen, und zwar abgeschnittene Zweige von Apfelbäumen, Flieder usw. gewählt.

**2. Versuche zur Bekämpfung der Blutlaus** (*Schizoneura lanigera* Hausmann).

In der Hoffnung, zu praktisch verwertbaren Ergebnissen zu kommen, wählte ich zu den Tierversuchen von vornherein einen wirtschaftlich wichtigen Schädling, und zwar die Blutlaus. Diese schien auch insofern besonders geeignet, als sie nicht allein monophag ist[1]), sondern sogar nur ganz bestimmte Sorten ihrer Wirtspflanze (Apfel) befällt (vgl. S. 67), was immerhin auf ein sehr feines Unterscheidungsvermögen in bezug auf die Art der in den Bäumen zirkulierenden bezw. in deren Geweben vorhandenen Säfte schließen läßt. Im allgemeinen dürften, wie aus den vorbeschriebenen Versuchen mit Blattläusen hervorgeht (Versuche [1920]), an Pflanzen saugende Insekten besonders geeignete Objekte für diese Art von Untersuchungen sein. Was die nachfolgend zu beschreibenden Versuche betrifft, so wurden dieselben eingeteilt in:

a) Laboratoriumsversuche zwecks Ermittelung der auf die Blutlaus wirksamsten Stoffe;
b) Laboratoriumsversuche zwecks Feststellung des Einflusses der auf die Blutlaus wirksamsten Stoffe auf Pflanzen;
 1. Versuche mit Apfelzweigen;
 2. Versuche mit Fuchsiazweigen;
c) Freilandversuche.

Herr Walter Ilisch, Gartenarchitekt, Quackenbrück, der sich unabhängig von mir bereits im Jahre 1921 mit der Bekämpfung der Blutlaus unter Anwendung des inneren Heilverfahrens befaßte, hat mir gelegentlich seines Hierseins im Mai 1922 seine Methode liebenswürdigerweise vorgeführt, und danke ich ihm auch an dieser Stelle herzlich. Leider waren die Ergebnisse der Versuche, wie sich auch bei der Kontrolle der behandelten Bäume in Quackenbrück herausstellte, ebenso zweifelhaft wie die der von mir hier angestellten, noch zu beschreibenden Freilandversuche.

*a) Laboratoriumsversuche zwecks Ermittelung der auf die Blutlaus wirksamsten Stoffe.*

Die Versuche wurden, um eine möglichst genaue Anpassung an die natürlichen Verhältnisse zu erreichen, in der Weise vorgenommen, daß abgeschnittene mit Blutlaus (Larvenstadien und Virgines) befallene Apfelzweige während einer bestimmten Zeit in die zu prüfenden Flüssigkeiten eingestellt wurden. Nach Beendigung der Aufnahme wurden die Zweige sofort in frisches Wasser gestellt, und alsdann die Wirkung der absorbierten Stoffe auf die Tiere beobachtet. Zwecks Erleichterung der Untersuchung wurden die Zweige auf eine glatte, dunkle Linoleumplatte gestellt; hier bildeten alsdann die abgewanderten und abgefallenen Blutläuse einen mehr

[1]) In vereinzelten Fällen wurde die Blutlaus allerdings auch auf Birnen, Weißdorn, Steinmispel *(Cotoneaster horizontalis)* und Quitte gefunden (vgl. Thiem, 1924, Angewandte Botanik).

oder weniger starken, grauen Belag, ein deutliches Zeichen dafür, daß die aufgenommenen Stoffe mehr oder weniger stark gewirkt hatten. Der Beginn einer Wirkung war im übrigen schon deutlich an dem Umherlaufen der Tiere, denen die veränderten Säfte der Pflanzen nicht mehr zusagten, zu erkennen. In verschiedenen Fällen ergab die mikroskopische Untersuchung, daß die an den Zweigen festsitzenden Läuse abgestorben waren. Von den auf dem Boden liegenden, abgewanderten oder abgefallenen Blutläusen war ebenfalls der größte Teil tot (siehe unten). Was den Grad der Wirkung betrifft, so kann nach den bisher gemachten Beobachtungen etwa folgende Einteilung getroffen werden:

A

| | |
|---|---|
| 1. keine Abwanderung der Blutläuse | längstens 3 Tage nach Beginn des Versuches |
| 2. schwache Abwanderung der Blutläuse | |
| 3. starke Abwanderung der Blutläuse | |

B

| | |
|---|---|
| 1. Absterben der abgewanderten bezw. abgefallenen Blutläuse | längstens 3 Tage nach Beginn des Versuches |
| 2. Absterben der noch am Zweig sitzenden und der abgewanderten bezw. abgefallenen Blutläuse | |
| 3. Absterben der Blutläuse am Zweig ohne Abwanderung | |

Bemerkt sei hier, daß die Blutläuse im Sommer im günstigsten Falle bis etwa 7 Tage ohne Nahrungsaufnahme zu leben vermögen (vgl. auch S. 143), und daß die in Wasser eingestellten Zweige auch dann noch den saugenden Blutläusen Nahrung zu bieten vermögen, wenn die Blätter welken. Der Holzkörper resp. das Gewebe trocknet nämlich, wie man sich sehr leicht an Schnitten überzeugen kann, nicht so schnell aus. Letzter Umstand ist nun besonders da in Betracht zu ziehen, wo zu starke Dosen bezw. Konzentrationen der angewandten Präparate Blattbeschädigungen hervorgerufen haben; man könnte in diesem Falle leicht der Meinung sein, daß hier das Abwandern der an den holzigen Teilen sitzenden Läuse mit dem Welken im Zusammenhange stehe und nicht mit der Wirkung des aufgenommenen Stoffes.

Um gewisse Anhaltspunkte für die Dosierung zu erhalten, wurde bei einer Reihe von Versuchen, die bereits auf S. 75 beschriebene Methode in Anwendung gebracht, nach der es jeweils möglich ist, das Gewicht des Zweiges mit dem der aufgenommenen, in Lösung befindlichen Substanz bezw. Menge der Flüssigkeit zu vergleichen. Die Zeit, in der die Aufnahme erfolgte, wurde ebenfalls berücksichtigt.

### 1. Versuchsserie.

Angewandt wurden verschiedene Präparate, und zwar wässerige Lösungen (aus Leitungswasser hergestellt) von Aluminiumsulfat und Oxalsäure, sowie eine Mischung aus Kalialaun + Rhabarbersaft + Borsäure + Formylviolett B. Ferner mit Wasser (Leitungswasser) verdünntes Pyridin

und Pyridin + Segetan, sowie auch ein Gemisch aus Pflanzensäften (Rhabarbersaft + Tomatensaft + Tabaksaft (aus Blättern) + Tabaksaft (aus Kautabak) + Borsäure) (nach Ilisch). Die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit bezw. der als wirksam angenommenen Stoffe wurde nicht festgestellt, ebenso auch nicht das Gewicht der Zweige und die Wirkung auf die Pflanze. Zur Kontrolle dienten in Wasser (Leitungswasser) eingestellte Zweige.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. 1): Aus den Versuchen scheint hervorzugehen, daß sowohl Pyridin als auch Aluminiumsulfat von Wirkung auf die Blutlaus sind. Pyridin in einer Konzentration von 1:10 angewandt, hatte eine gute Wirkung, und zwar bei einer Aufnahmedauer von 30 Minuten (Versuch Nr. 7). Bei einer Aufnahmedauer von 19 Stunden (Versuch Nr. 8) war erst 48 Stunden nach Versuchsbeginn, nachdem der Zweig 29 Stunden in frischem Wasser stand, eine schwache Wirkung zu bemerken. Oxalsäure hatte in einer Konzentration von 1:10 bei einer Aufnahmedauer von 30 Minuten versagt (Versuch Nr. 6), ebenso eine Kombination von Kalialaun mit Rhabarbersaft unter Zugabe von Oxalsäure und Formylviolett B bei der gleichen Aufnahmedauer (Versuch Nr. 5). Was die Segetan-Pyridingemische (Pyridingehalt 10 %) betrifft, so war nur eine schwache Wirkung erzielt worden (Versuch 9 und 10). Eine Mischung von verschiedenen Pflanzensäften (n. Ilisch) ließ ebenfalls nur eine schwache Wirkung erkennen.

2. Versuchsserie.

Versuchsanordnung wie bei Serie 1. Angewandt wurden wässerige Verdünnungen (aus Leitungswasser hergestellt) von Spiritus camphoratus Tinctura quassiae, Tinctura aloes, Tinctura amara, ferner Abkochungen von Semen sinapis, Lignum juniperi, Folia uvae ursi, denen jeweils 2 % Alkohol zugesetzt wurde. Außerdem wurden einige Mischungen dieser Stoffe geprüft.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. 2): Als am wirksamsten auf die Blutläuse erwies sich folgende Kombination (Aufnahmedauer 60 Minuten):

1 Teil Semen sinapis pulv. gross.
9 Teile Wasser (Leitungswasser) } gekocht und alsdann filtriert,

dazu kamen

2 % Alkohol abs.,
1 Teil Tinctura amara und
1 Teil Pyridin.

Was die einzelnen Komponenten betrifft, so konnte, abgesehen von Pyridin, dessen Wirkung auf Blutläuse bereits festgestellt wurde, sowohl mit Tinctura amara als auch mit der Senfsaatabkochung allein ein gewisser Erfolg erzielt werden (vgl. Versuche Nr. 4 und 6).

### 3. Versuchsserie.

Zur Anwendung kam mit Wasser (Leitungswasser) verdünntes Pyridin, und zwar in Konzentrationen von 1:10 bis 1:100000. Die Aufnahmedauer betrug 25 Minuten bis ca. 12 Stunden. Die Temperatur war im Durchschnitt 20° C. Berücksichtigt wurde ferner das Gewicht der Versuchszweige; auch wurde jeweils die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit sowie des reinen Präparates festgestellt. Das Verhältnis zwischen der Menge des aufgenommenen Präparates und dem Gewicht des Zweiges wurde bestimmt; die Menge des aufgenommenen reinen Präparates wurde hierbei mit 1 (1 g = 1 ccm) angenommen.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. 3): Aus den Versuchen geht ebenfalls hervor, daß Pyridin von einer guten Wirkung ist: es bewirkt sowohl eine Abwanderung als auch eine Abtötung der Blutläuse. Soweit nun aus der Tabelle zu ersehen ist, scheint erforderlich zu sein, daß auf je 800 Gewichtsteile der Pflanzen mindestens ein Raumteil reines Pyridin kommen muß. Sehr wirksam auf die Blutläuse erwies sich bereits eine Dosis von 621:1 unter Anwendung einer Konzentration von 1:1000 und bei einer Aufnahmedauer von ca. 12 Stunden. In diesem Falle fanden sich nur tote Blutläuse vor; es wurde übrigens mehr Flüssigkeit aufgenommen als die Pflanze auf einmal zu fassen vermochte. Bei Anwendung noch stärkerer Dosen war das Ergebnis ähnlich. Die gute Wirkung war bereits zwei bis vier Tage nach Versuchsbeginn zu beobachten.

### 4. Versuchsserie.

Versuche mit Aluminiumsulfat. Bei diesen Versuchen wurde in der gleichen Weise verfahren. Auch hier kamen zahlreiche Konzentrationen (1:10–1:10000) zur Anwendung. Die Aufnahmedauer war jedoch stets gleich; sie betrug bei allen Versuchen 5 Std. Die Temperatur war im Durchschnitt 14,5° C.

Ergebnis (vgl. Tabelle 4): Nach allem zu urteilen, scheint das Aluminiumsulfat in schwächeren Lösungen besser zu wirken als in stärkeren. Das beste Ergebnis wurde bei einer Dosis von 34042:1 unter Anwendung einer Konzentration von 1:10000 erzielt. Auch bei einer Dosis von 4888,8:1 (Konzentration 1:1000) war das Ergebnis noch gut (vgl. Versuche 6, 7 und 8). Eine Abtötung der Blutläuse erfolgte in keinem Falle; es handelte sich vielmehr stets um eine mehr oder minder starke Abwanderung.

Nachdem wir nun eine Reihe von Versuchen nebst deren verschiedenartigen Ergebnissen kennen gelernt haben, sei nunmehr versucht, dieselben zu deuten. Folgende Faktoren sind hierbei besonders zu berücksichtigen:

1. Die Konzentration der angewandten Lösungen bzw. Verdünnungen.
2. Das Verhältnis zwischen der Menge der aufgenommenen Flüssigkeit (der Menge des in der aufgenommen Flüssigkeit enthaltenen Stoffes) und dem Gewichte des Versuchszweiges.
3. Die Aufnahmedauer.

Was die Versuchsserien 1 und 2 betrifft, so ist eine Beurteilung der Ergebnisse insofern erschwert, als eine Angabe über die jeweils aufgenommenen Flüssigkeitsmengen fehlt. Im übrigen ist hier beachtenswert, daß sich das Pyridin bei längerer Aufnahmedauer (19 Stunden) als weniger wirksam auf die Blutläuse erwies als bei bedeutend kürzerer Aufnahmedauer (30 Minuten), obwohl gleiche Konzentrationen zur Anwendung kamen (vgl. Versuchsserie 1, Versuch 7 und 8). Diese Tatsache ist vielleicht wie folgt zu erklären. Nimmt man an, daß ein Diosmieren des Pyridins in die an die Gefäße angrenzenden Gewebszellen infolge seiner hohen Konzentration (1:10) nicht stattfindet, so wäre in dem vorliegenden Falle die Aufnahme geringer Quanten (kurze Aufnahmedauer) vorteilhafter, da durch das Einstellen des Zweiges in Wasser (30 Minuten nach Versuchsbeginn) sofort eine nachträgliche, weitere Verdünnung des Pyridins erfolgen kann. Hierdurch würde aber erst eine Aufnahme durch die Gewebe möglich. Die in der kurzen Zeit vom Zweig aufgenommene Flüssigkeit stellt im übrigen, wenn man die Menge in Berücksichtigung zieht, nur einen Bruchteil des Volumens des Zweiges dar, so daß dieselbe sich an sich schon mit den in den Gefäßen der Pflanze vorhandenen Säfte vermischen würde, wodurch ebenfalls eine nachträgliche Verdünnung erreicht würde (vgl. Versuchsserie 3, Versuch 1). Anders verhält es sich bei der Aufnahme größerer Quanten (lange Aufnahmedauer) (vgl. Versuchsserie 1, Versuch 8). Hier wurde eine nachträgliche Verdünnung des 10%igen Pyridins erst $18^1/_2$ Stunden später, bei Einstellen des Zweiges in Wasser, eingeleitet; ganz abgesehen davon, daß, wenn wir die aufgenommene Menge berücksichtigen, eine wesentliche Konzentrationsänderung (-erniedrigung) durch ein Vermischen des Pyridins mit den in den Gefäßen zirkulierenden Säften ausgeschlossen war. Es hätte somit also während der ersten 19 Stunden (Dauer der Aufnahme) infolge der dauernd hohen Konzentration eine Aufnahme der Flüssigkeit durch die Gewebe nicht stattfinden können. Ein in Kontakttreten des Pyridins mit den Blutläusen und eine Wirkung auf diese war somit, vorausgesetzt, daß die Tiere durch ihre Stechborsten mit den Gefäßen nicht in Verbindung standen, ausgeschlossen. Da bei der langen Aufnahmedauer wohl anzunehmen ist, daß das Pyridin die Gefäße ganz erfüllte, so war hier auch eine nachträgliche, stärkere Verdünnung des Pyridins durch Einstellen des Zweiges in Wasser nicht in dem Maße, wie bei dem bereits geschilderten Versuche, möglich. Auch hatte, wenn man die 24 Stunden nach Versuchsbeginn festgestellten Ergebnisse vergleicht, der eine Zweig (mit langer Aufnahmedauer) erst 5 Stunden, der andere Zweig (mit kurzer Aufnahmedauer) aber bereits $23^1/_2$ Stunden in frischem Wasser gestanden. Das Endergebnis wäre somit, daß Pyridin (wohl auch andere Stoffe) in zu schwachen Verdünnungen (starken Konzentrationen) angewandt, vorausgesetzt, daß größere Mengen von den Pflanzen aufgenommen werden, für die Bekämpfung der Blutlaus, wie

Tabelle A.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Pflanzenart | Art der Behandlung | Gewicht des Triebes g | Menge der aufgenommenen Lösung ca. ccm = ca. % des Gewichtes des Triebes | Aufnahmedauer Stunden | Art der Nachbehandlung | Temperatur bei Versuchsbeginn[1]) ca. Grad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28. 2. 22 | Kupfersulfat | 1 : 100 | Tradescantia | Abgeschnittene Triebe wurden in die Lösung eingestellt | 1,7 | 0,35 = 20 | 10 | durch Einstellung in Nährlösung | 18 |
| 2 | 28. 2. 22 | Kupfersulfat | 1 : 10000 | „ | | 2 | 0,6 = 30 | 10 | | 18 |
| 3 | 28. 2. 22 | Kupfersulfat | 1 . 10000 | „ | | 2,5 | 0,47 = 20 | 10 | | 18 |
| 4 | 1. 3. 22 | Chinin. sulfuric. | 1 : 500 | „ | | 0,7 | 0,087 = 12 | 20 | | 18 |
| 5 | 1. 3. 22 | Chinin. sulfuric. | 1 : 1000 | „ | | 0,6 | 0,087 = 14 | 20 | | 18 |
| 6 | 1. 3. 22 | Chloralhydrat. | 1 : 1000 | „ | | 1 | 0,212 = 21 | 20 | | 18 |
| 7 | 1. 3. 22 | Alkohol absolut | 1 : 50 | „ | | 0,5 | 0,137 = 27 | 20 | | 18 |
| 8 | 1. 3. 22 | Alkohol absolut | 1 : 100 | „ | | 0,6 | 0,2 = 33 | 20 | | 18 |
| 9 | 2. 3. 22 | Kollargol. + Ammoniak (1 : 10) | 1 : 10000 | „ | | 2,7 | 0,204 = 7 | 21 | | 18 |
| 10 | 2. 3. 22 | Kolloidal. Kupfer + Ammoniak (1 : 10) | 1 : 10000 | „ | | 8 | 0,552 = 7 | 21 | | 18 |
| 11 | 2. 3. 22 | Kolloidal. Kupfer + Ammoniak (1 : 10) | 1 : 1000 | „ | | 6,5 | 0,348 = 5 | 21 | | 18 |
| 12 | 3 3. 22 | Kollargol. + Ammoniak (1 : 10) | 1 : 10000 | „ | | 6,9 | 0,904 = 13 | 17 | | 18 |
| 13 | 3. 3. 22 | Hyrgol. + Ammoniak (1 : 10) | 1 : 1000 | „ | | 2,8 | 0,348 = 12,5 | 17 | | 18 |
| 14 | 10 3. 22 | Chloralhydrat. | 1 : 1000 | Urtica dioica | | — | 0,25 = — | 20 | — | 18 |
| 15 | 13. 3. 22 | Chinin. sulfuric. | 1 : 500 | Salix babylonica | | 24,8 | 7,70 = 30 | 70 | durch Einstellung in Nährlösung | 18 |
| 16 | 13. 3. 22 | Chloralhydrat. | 1 : 10 | „ | | 2,1 | 2,51 = 120 | 70 | | 18 |
| 17 | 17. 3. 22 | Arsentrioxyd | gesättigte Lösung | Tradescantia | | 2,2 | 0,65 = 30 | 24 | | 18 |
| 18 | 17. 3. 22 | Segetan I, Stammlösung ohne Farbstoff | 1 : 100 | „ | | 1,5 | 0,52 = 34 | 24 | | 18 |
| 19 | 17. 3. 22 | Segetan I, Stammlösung ohne Farbstoff | 1 : 10000 | „ | | 1,7 | 0,21 = 12 | 23,5 | | 18 |
| 20 | 17. 3. 22 | Segetan II, Stammlösung ohne Farbstoff | 1 : 100 | „ | | 2,2 | 0,34 = 15 | 23 | | 18 |
| 21 | 17. 3. 22 | Präparat 48 | 1 : 100 | „ | | 1,2 | 0,37 = 34 | 22,5 | | 18 |
| 22 | 17 3. 22 | Präparat 48 | 1 : 10000 | „ | | 1,9 | 0,46 = 24 | 22 | | 18 |
| 23 | 17. 3. 22 | Präparat 35 | 1 : 100 | „ | | 1,4 | 0,41 = 30 | 21 | | 18 |
| 24 | 17. 3. 22 | Präparat 49 | 1 : 100 | „ | | 1,5 | 0,45 = 30 | 21 | | 18 |
| 25 | 20. 3. 22 | Arsentrioxyd | gesättigte Lösung | „ | | 1,7 | — — | 24 | | 18 |

[1]) Temperatur und Feuchtigkeit waren in dem geschlossen gehaltenen, nach Norden gelegenen

| % bei Versuchsbeginn¹) | Ergebnis | Bemerkungen |
|---|---|---|
| 75 | Schon vor Überführung in der Nährlösung Blätter schlaff und schwarzbraun gefärbt; nach einigen Tagen vernichtet. | |
| 75 | 17. 3. 22 Wurzelbildung und Wachstum festgestellt. | |
| 75 | 17. 3. 22 Wachstum festgestellt. | |
| 75 | 17. 3. 22 starke Wurzelbildung und Wachstum festgestellt. | |
| 75 | 17. 3. 22 starke Wurzelbildung und Wachstum festgestellt. | |
| 75 | 17. 3. 22 starke Wurzelbildung und Wachstum festgestellt. | |
| 75 | 17. 3. 22 starke Wurzelbildung und Wachstum festgestellt. | |
| 75 | 17. 3. 22 starke Wurzelbildung und Wachstum festgestellt. | |
| 60 | 7. 3. 22 einige Blätter gelb, zum Teil verdorrt.<br>17. 3. 22 starke Wurzelbildung. Trieb frisch. Wachstum; keine weiteren gelben Blätter. | In hellen Glasröhren zur Anwendung gebracht, daher Versuch nicht einwandfrei. |
| 60 | 7. 3. 22 zahlreiche Blätter verdorrt.<br>17. 3. 22 starke Wurzelbildung. Trieb frisch. Wachstum; keine weiteren gelben Blätter. | |
| 60 | 7. 3. 22 zahlreiche Blätter verdorrt.<br>17. 3. 22 Wurzelbildung. Trieb frisch. Wachstum; keine weiteren gelben Blätter. | |
| 60 | 7. 3. 22 zahlreiche Blätter gelb.<br>17. 3. 22 keine Wurzelbildung. Zahlreiche Blatter dürr; die übrigen Blätter schlaff. | Die Lösung bleibt völlig klar. |
| 60 | 7. 3. 22 zahlreiche Blätter schlaff.<br>17. 3. 22 Wurzelbildung. Blätter schlaff. | Das Quecksilber setzt sich in der U-Röhre ab. |
| 60 | Verwelkt, da während des Versuchs der Kontakt mit der Lösung verloren ging. | |
| 60 | Direkt nach der Überführung in die Nährlösung untersucht. Da die Kontrollen welkten, ließ sich ein Vergleich nicht anstellen. | |
| 60 | Direkt nach der Überführung in die Nährlösung untersucht. Da die Kontrollen welkten, ließ sich ein Vergleich nicht anstellen. | |
| 45 | Bereits während des Versuches schwere Schädigungen festgestellt. 20. 3. 22 Trieb vernichtet. | |
| 45 | 28. 3. 22 | |
| 45 | 28. 3. 22 | |
| 50 | 28. 3. 22 | |
| 50 | 28. 3. 22 } Trieb völlig frisch. Wurzelbildung und Wachstum festgestellt. | |
| 55 | 28. 3. 22 | |
| 55 | 28. 3. 22 | Die Lösungen wurden während des Versuches dunkel gehalten. |
| 55 | 28. 3. 22 | Die Lösungen wurden während des Versuches dunkel gehalten. |
| 65 | 22. 3. 22 stark beschädigt. 28. 3. 22 Trieb vernichtet. | |

boratorium während der Dauer der Absorption und auch für längere Zeit ziemlich konstant.

auch anderer saugender Insekten, ungeeignet ist, da einerseits ein Eindringen der Flüssigkeit in die angegriffenen Gewebsteile der Pflanze nicht stattfindet, und es andererseits nicht immer der Fall sein dürfte, daß jene Parasiten mit den Gefäßen (Xylem) direkt in Kontakt stehen. Durch die in Tabelle Nr. 4 verzeichneten Versuche mit Aluminiumsulfatlösungen scheint diese Annahme bestätigt zu werden.

Die Ergebnisse der Versuchsserie 3 (vgl. Tabelle Nr. 3) zeigen ferner, daß, um einen Erfolg zu erzielen, eine völlige Durchtränkung der Zweige nicht nötig ist, sofern geringe Mengen einer stärkeren Konzentration eines an sich wirksamen Stoffes aufgenommen werden. Es findet in diesem Falle eine nachträgliche, weitere Verdünnung durch die in den Pflanzen zirkulierenden Säfte statt, so daß schließlich in den Gefäßen eine auf die Parasiten (in diesem Falle Blutläuse) noch wirksame Konzentration vorhanden ist, die dann von den Geweben absorbiert wird. Bei Versuch 1, der als Beispiel gelten mag, war das Verhältnis zwischen der Menge des aufgenommenen mit Wasser verdünnten Pyridins und dem Gewichte des Zweiges nur 1 : 31,7; die Konzentration war ziemlich stark (1 : 10).

Was die Ermittelung der Dosis curativa betrifft, so genügen die hier beschriebenen Versuche, die immerhin verschiedentlich von Erfolg begleitet waren, hierzu nicht. Um zu brauchbaren Zahlen zu kommen, ist es zum mindesten nötig, die zu prüfenden Stoffe in verschieden starker Verdünnung, aber unter gleichen Bedingungen zur Anwendung zu bringen. So muß beispielsweise die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit stets in gleichem Verhältnis zum Gewichte des zu behandelnden Zweiges stehen (die Aufnahmedauer wird hierdurch allerdings variieren); Temperatur, Feuchtigkeit und Beleuchtung müssen ebenfalls stets gleichartig sein. Bevor wir aber zu solchen Untersuchungen schreiten, ist zunächst festzustellen, wie sich die Stoffe auf die Pflanzen verhalten, denn für eine Behandlung kommen letzten Endes ja nur solche Lösungen bzw. Verdünnungen in Frage, die unschädlich für die Pflanzen sind.

### *b) Laboratoriumsversuche zwecks Feststellung des Einflusses der auf die Blutlaus wirksamsten Stoffe auf Pflanzen.*

Nachdem eine gute Wirkung verschiedener Stoffe (Pyridin und Aluminiumsulfat) auf die Blutläuse festgestellt worden war, war es nun wichtig, die Dosis zu ermitteln, die gerade noch von den Pflanzen ertragen wird. Hierbei wurde wie folgt verfahren: Wie bei einigen der vorbeschriebenen Versuche wurden Zweige (von Apfel und Fuchsia) in U-förmige, engkalibrige Glasröhren[1]), die mit den zu prüfenden Flüssigkeiten gefüllt wurden, eingesetzt, und das Ganze gut abgedichtet (vgl. Abb. 10). Hierdurch konnte

[1]) Die Röhren, die bei allen Versuchen, wo eine Bestimmung der aufgenommenen Flüssigkeitsmenge stattfand, verwandt wurden, hatten 3, 4 und 4,5 mm Durchmesser. Die Strecke von einem Millimeter entsprach somit 0,00756; 0,01256 und 0,0158 ccm.

jeweils die aufgenommene Flüssigkeitsmenge genau bestimmt und mit dem Gewichte der Zweige verglichen werden. Nach Beendigung des Versuches wurden die Zweige jeweils zwecks weiterer Beobachtung in frisches Wasser eingestellt.

### 1. Versuche mit Apfelzweigen.

Versuche mit Pyridin: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (konz. — 1:100000). Die Verdünnung geschah mit Leitungswasser. Die Aufnahmedauer variierte zwischen 25 Minuten und 23 Stunden. Die Temperatur betrug bei Versuchsbeginn 18—20° C.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. 5): Aus den Versuchen geht hervor, daß die Wirkung des Pyridins je nach der Konzentration und der absorbierten Menge eine sehr verschiedene sein kann. So traten bei einer Dosis von 345:1 unter Anwendung einer Konzentration von 1:10, bei einer Dosis von 240:1 unter Anwendung einer Konzentration von 1:20 und bei einer Dosis von 178:1 unter Anwendung einer Konzentration von 1:100, also starken Dosen, keinerlei Schädigungen auf (vgl. Versuche 6, 8 und 19). Schwächere Dosen hingegen riefen Schädigungen hervor, so 317:1 unter Anwendung einer Konzentration von 1:10 und 621:1 unter Anwendung einer Konzentration von 1:1000 (vgl. Versuche 1 und 14). Im übrigen blieben alle Zweige, die noch geringere Dosen (von 800:1 ab) erhalten hatten, unversehrt. Die Ergebnisse selbst lassen sich möglicherweise wie folgt erklären: Das Ausbleiben der Schädigungen bei Anwendung schwacher Verdünnungen oder starker Dosen Pyridin (Versuch 6, 8 und 19) dürfte auf folgende Tatsachen zurückzuführen sein. Einmal war die Aufnahmedauer eine sehr kurze und daher die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit im Verhältnis zum Gewichte (Volumen) des Zweiges sehr gering; eine starke weitere Verdünnung durch das nachströmende Wasser war somit möglich (Versuch 6 und 8). Bei Versuch 19 fällt ins Gewicht, daß der Grad der Verdünnung des Pyridins bereits ziemlich groß war (1:100); außerdem war die aufgenommene Flüssigkeitsmenge geringer als das Volumen des Zweiges. Das Auftreten der Schädigungen bei den Versuchen 1 und 14 findet vielleicht seine Erklärung darin, daß die nachträgliche, weitere Verdünnung des Pyridins in der Pflanze nicht gleichartig geschah, also Pyridin in nicht genügend verdünntem Zustande in die Blätter gelangte (Versuch 1) oder, daß bei Aufnahme einer Menge, die das Gewicht (Volumen) des Zweiges übertraf, eine Speicherung stattgefunden hatte (Versuch 14). Im übrigen zeigen die Versuche 1—5, 7 und 10—12, daß verhältnismäßig geringe Mengen von Pyridinverdünnungen genügen, um eine völlige Durchtränkung der Zweige zu bewerkstelligen (Kennzeichen = Beschädigung aller Blätter).

Versuche mit Aluminiumsulfat: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (1:10 bis 1:10000). Die Lösungen wurden mit

Tabelle 1.

| Nr. | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme | Wirkung auf die Blutläuse |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14. 6 22. | Aluminiumsulfat | 1:10 | 30 Min. | 24 Stunden nach Beginn des Versuches nur eine sehr schwache Wirkung festgestellt. 48 Stunden nach Beginn des Versuches Ergebnis unverändert. |
| 2 | 14. 6. 22. | " | 1:10 | 1140 " (19 Stunden) | 24 Stunden nach Beginn des Versuches eine schwache Wirkung festgestellt. |
| 3 | 14. 6. 22. | " | 1:10 | 1100 Min. (18½ Stunde) | 24 Stunden nach Beginn des Versuches bereits eine gute Wirkung. |
| 4 | 15. 6. 22. | " | 1:10 | 30 Min. | 24 Stunden nach Beginn des Versuches keine Wirkung. |
| 5 | 14. 6. 22. | 1 T. Kalialaun<br>1 T. Rhabarbersaft aus Stengeln + 1% Borsäure<br>2½% Formylviolett<br>18 T. Wasser | konz. | 30 " | 24 Stunden nach Beginn des Versuches keine Wirkung. |
| 6 | 14. 6. 22. | Oxalsäure | 1:10 | 30 " | 24 Stunden nach Beginn des Versuches keine Wirkung. |
| 7 | 14. 6. 22. | Pyridin | 1:10 | 30 " | 24 Stunden nach Beginn des Versuches bereits eine sehr gute Wirkung. Ein Teil der Blutläuse ist bereits abgewandert; der Rest ist in Bewegung. Nach 48 Stunden sind auf dem Zweig befindliche Blattläuse ebenfalls abgewandert. |
| 8 | 14. 6. 22. | " | 1:10 | 1140 " (19 Stunden) | 24 Stunden nach Beginn des Versuches noch keine Wirkung. 48 Stunden nach Versuchsbeginn eine schwache Wirkung festgestellt. |
| 9 | 15. 6. 22. | 1 T. Pyridin<br>1 T. Segetan I<br>8 T. Wasser | konz. (Pyridin 1:10) | 30 Min. | 24 Stunden nach Beginn des Versuches bereits eine deutliche Wirkung. |
| 10 | 15. 6. 22. | 1 T. Pyridin<br>1 T. Segetan II<br>8 T. Wasser | konz. (Pyridin 1:10) | 30 " | 24 Stunden nach Beginn des Versuches nur eine schwache Wirkung. |
| 11 | 14. 6. 22. | 1 T. Rhabarbersaft aus Steng.<br>1 T. Tomatensaft aus Blättern und Stengeln<br>1 T. Tabaksaft aus frischen Pflanzen<br>} hierzu 1% Borsäure<br>1 T. Tabaksaft aus Kautabak | konz. | 30 " | 24 Stunden nach Beginn des Versuches nur eine schwache Wirkung. 48 Stunden nach Beginn des Versuches Ergebnis unverändert. |

Leitungswasser hergestellt. Die Aufnahmedauer betrug 4 (Tabelle Nr. 6) und 5 Stunden (Tabelle Nr. 7 und 8). Die Temperatur betrug im Durchschnitt 14,5 ° und 16,5 ° C.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. 6, 7 und 8): Aus den Versuchen geht hervor, daß Dosen bis 500:1 bei 4–5 Stunden Aufnahmedauer noch schädlich für die Pflanzen sein können, während solche von 740:1 bei 4 Stunden Aufnahmedauer selbst jungen frischen Trieben nicht mehr



Abb. 11. Art der Schädigung eines Apfelblattes nach Aufnahme einer starken (5%igen) Aluminiumsulfatlösung durch den Zweig (Tabelle 8, Versuch 2). Beschädigte Stellen des Blattes schwarz.

schädlich sind. Erwähnt sei jedoch, daß im ersten Falle die Konzentrationen der Lösungen ziemlich stark waren (1:10 bis 1:100). Im übrigen sei auch hier bemerkt, daß in allen Fällen nur geringe Mengen der Lösungen (jeweils ein Bruchteil des Volumens der Zweige) aufgenommen wurden, die sich im übrigen, wenn auch nicht gleichmäßig, so doch gut in den Zweigen verteilten. Der Umstand, daß sämtliche Versuche unter ziemlich gleichartigen Bedingungen vorgenommen wurden, ließ hier Ausnahmefälle nicht zu. Die Schädigung der Blätter war derart, daß sich zunächst die Randpartien veränderten; später verfärbten sich auch die zwischen den Adern gelegenen Teile (vgl. S. 45, 89).

Tabelle 2.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Minuten | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Wirkung auf die Blutläuse |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 16. 8. 22 | Spiritus camphoratus | 1 : 100 | 120 | — | Am 19. August 1922 keine Wirkung festgestellt. |
| 2 | 16. 8. 22 | Tinctura quassiae | 1 : 100 | 120 | — | Am 19. August 1922 keine Wirkung festgestellt. |
| 3 | 16. 8. 22 | Tinctura aloes | 1 : 100 | 120 | — | Am 19. August 1922 eine sehr schwache Wirkung festgestellt. |
| 4 | 16 8 22 | Tinctura amara | 1 : 100 | 120 | — | Bereits 18 Stunden nach Beginn des Versuchs eine Abwanderung festgestellt. Am 19. August 1922 aber noch zahlreiche Blutläuse am Zweig sitzend. |
| 5 | 17. 8. 22 | Tinctura amara | 1 : 10 | 120 | 3,7 | Am 19. August 1922 keine Wirkung festgestellt. |
| 6 | 16 8. 22 | 1 T. Semen sinapis plv. mit 9 T. Wasser gekocht, filtriert und 2 % Alk. abs. zugefügt. | konz. | 120 | — | Bereits 18 Stunden nach Beginn des Versuches eine Abwanderung festgestellt. Am 19. August 1922 hat diese zugenommen. Am Zweig befindliche Blutläuse lebten. |
| 7 | 16. 8 22 | 1 T. Lignum juniperi mit 9 T. Wasser gekocht, filtriert und 2 % Alk. abs. zugefügt. | konz. | 120 | — | Am 19. August 1922 keine Wirkung festgestellt. |
| 8 | 16. 8. 22 | 1 T. Folia uvae ursi mit 9 T. Wasser gekocht, filtriert und 2 % Alk. abs. zugefügt. | konz. | 120 | — | Nach 18 Stunden eine sehr schwache Wirkung festgestellt. Am 19. August 1922 Ergebnis unverändert. |
| 9 | 17. 8. 22 | 1 T. Semen sinapis plv. mit 9 T. Wasser gekocht, filtriert und 2 % Alk. abs. zugefügt + 1 T. Tinctura amara. | konz. | 60 | 1,3 | Am 19. August 1922 keine Wirkung festgestellt. |
| 10 | 17. 8. 22 | desgl. + 1 T. Pyridin. | konz. | 60 | 1 | Nach 18 Stunden eine sehr gute Wirkung festgestellt. Am 19. August 1922 keine lebende Blutlaus mehr auf dem Zweig. |

2. Versuche mit Fuchsiazweigen.

Versuche mit Pyridin: Angewandt wurden zahlreiche Konzentrationen (1 : 10 bis 1 : 10000); die Verdünnung geschah mit Leitungswasser. Die Aufnahme währte jeweils 5 Stunden. Die Temperatur betrug 14,5 ° C.

Ergebnis (vgl. Tabelle 9): Aus den Versuchen geht hervor, daß Pyridin in Dosen von 78 : 1 unter Anwendung einer Konzentration von 1 : 10 und 146 : 1 unter Anwendung einer Konzentration von 1 : 20 schädlich ist. Eine Dosis von 271 : 1 unter Anwendung einer Konzentration von 1 : 50 war bereits unschädlich. Die innerhalb 5 Stunden aufgenommene Flüssigkeitsmenge war stets sehr gering; sie entsprach in manchen Fällen nur etwa $^1/_8$ des Zweiggewichtes (Versuch 1 und 2). Was die Art der Schädigungen betrifft, so glichen diese völlig den bei den Apfelzweigen beobachteten. Auch hier trat ein Hellerwerden des Mesophylls, sowie eine Abnahme des Glanzes der Blätter an den beschädigten Stellen auf.

Versuche mit Aluminiumsulfat: Angewandt wurden zahlreiche Konzentrationen (1 : 10 bis 1 : 10000). Die Verdünnung geschah mit Leitungswasser. Die Aufnahmedauer war 6 (Tabelle Nr. 10) und 24 Stunden (Tabelle Nr. 11). Die Temperatur betrug im Durchschnitt 15,5 ° C. (Tabelle Nr. 10) und 15—16 ° C (Tabelle Nr. 11).

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. 10 und 11): Erst fünf Tage nach Versuchsbeginn waren an den Blättern schwache Schädigungen wahrnehmbar, und zwar bei Dosen von 88,2 : 1 bis 377,7 : 1 (Konzentration der Lösung 1 : 10 bis 1 : 100). Die Menge der aufgenommenen Lösung war hier, wie auch bei den übrigen Versuchen, stets erheblich geringer als das Volumen des Zweiges (Zweiggewicht) (vgl. Tabelle Nr. 10). Bei Anwendung noch stärkerer Dosen (Konzentration der Lösung 1 : 10 bis 1 : 100), die innerhalb 24 Stunden aufgenommen wurden, waren die Schädigungen ausgeprägter (vgl. Tabelle 11). Die Menge der jeweils aufgenommenen Lösung war ziemlich beträchtlich; sie entsprach im geringsten Falle etwa $^1/_8$ des Zweiggewichtes. In bezug auf die Art der an den Blättern auftretenden Schädigungen ist zu sagen, daß sich dieselben am Blattrand entwickelten und sich von dort nach innen zu ausbreiteten (vgl. S. 45, 87 und Abb. 12).

Was die Bestimmung der Dosis tolerata bzw. toxica betrifft, so gilt hier das auf S. 84 Gesagte.

### c) *Freilandversuche.*

Diese Versuche, zu denen verschiedene Gartenbesitzer, insbesondere Herr Dr. Pfleger und Herr Dr. Heerdt, mit Blutlaus und auch mit Blattläusen befallene Bäume zur Verfügung gestellt hatten, wurden wie folgt vorgenommen. Nachdem die befallenen Stellen an den Bäumen markiert worden waren, wurden, je nachdem es sich um kleinere oder größere Bäume handelte, bis zu acht Bohrlöcher derart mit einem Löffelbohrer in

den Stamm gebohrt, daß aller Voraussicht nach die durch diese Löcher dem Saftstrom zugeteilten Flüssigkeiten an die befallenen Stellen gelangen mußten. Die Bohrung erfolgte daher nicht einfach mitten in den Stamm, vielmehr wurde schräg nach unten in der Richtung einer Sehne gebohrt, und zwar so, daß sich das Ende des Bohrlochs im Kambium befand. Sofern es sich um Hochstämme handelte, wurde in etwa 20 cm Entfernung vom Boden das erste Bohrloch angelegt, die übrigen, falls deren nötig waren, über dem ersten, und zwar derart, daß stets durch jedes Bohrloch ein bestimmter Anteil des gesamten Gefäßsystems versorgt wurde. Bei 2 Bohrlöchern kam also auf jedes derselben ein Halbkreis, bei 3 ein drittel,

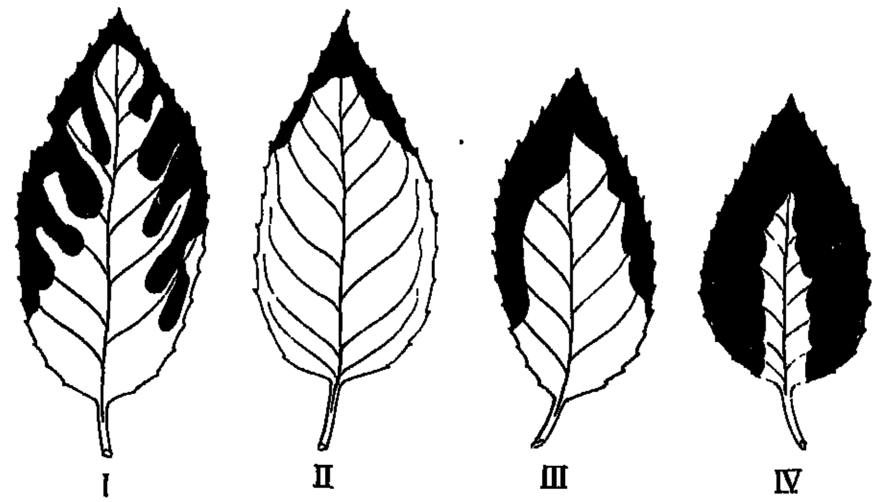



Abb. 12. Art der Schädigung von Fuchsiablättern nach Aufnahme von Aluminiumsulfatlösungen durch den Zweig.
I und II bei Anwendung einer 1%igen Lösung (Tabelle 11, Versuch 4).
III und IV bei Anwendung einer 2%igen Lösung (Tabelle 11, Versuch 3)
Beschädigte Stellen der Blätter schwarz.

bei 4 ein viertel Kreis usw. (vgl. Abb. 13). Sofern Buschbäume zu behandeln waren, wurden außer dem Hauptstamm auch die unteren, stärkeren Äste angebohrt (vgl. Abb. 14). Das Fassungsvermögen eines solchen Bohrloches betrug 1—8 ccm. Der Durchmesser war der Stärke des anzubohrenden Stammes oder Zweiges angepaßt; er betrug 1,2; 0,8 und 0,4 cm. Nach Herstellung der Bohrlöcher wurde die zu absorbierende Flüssigkeit jeweils in gleichen Mengen mit Hilfe einer graduierten Injektionsspritze eingefüllt. Die Aufnahme erfolgte stets sehr schnell, so daß die Bohrlöcher dauernd nachgefüllt werden mußten. Das vorgeschriebene Quantum an Lösung war daher bald absorbiert. Die Berechnung desselben geschah, da mir zunächst jeder Anhaltspunkt fehlte, auf Anregung des Herrn Hisch in der Weise, daß die Hälfte des Umfanges des Stammes (an der Basis gemessen), in Zentimeter ausgedrückt, der Zahl der Kubikzentimeter entsprach. Nach

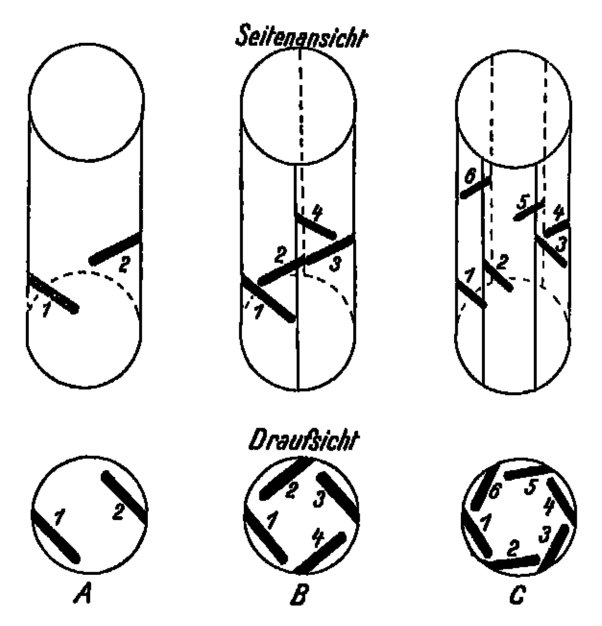



Abb. 13. Anordnung der Aufnahmestellen an einem Stamm.
A bei 2, B bei 4 und C bei 6 Aufnahmestellen.

Beendigung der Aufnahme wurde das Bohrloch mit einem Kork verschlossen und mit Baumwachs abgedichtet. Was die Präparate betrifft, so kamen, an die Flischschen Versuche anlehnend, Pflanzensäfte, und ferner Lösungen von Chemikalien zur Anwendung.

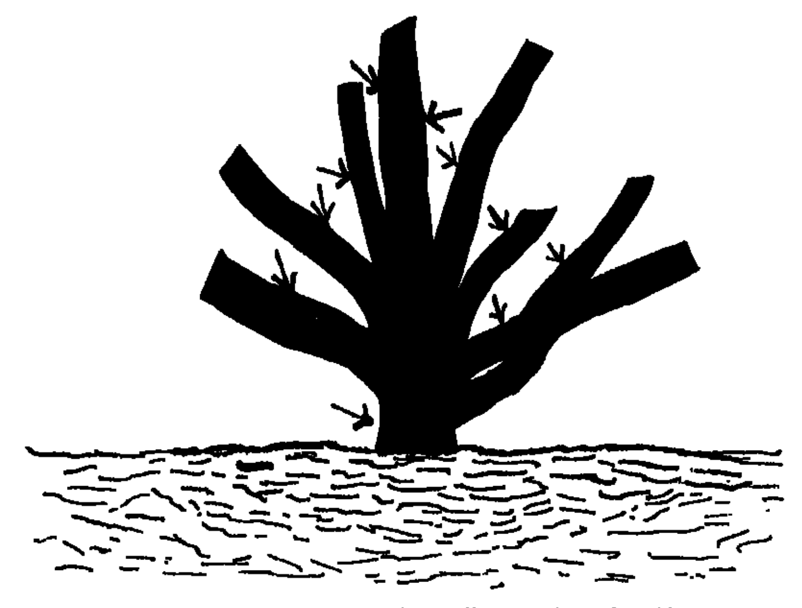


Abb. 14. Anordnung der Aufnahmestellen an einem Buschbaum.
(—> Lage der Aufnahmestellen.)

### 1. Versuche mit Pflanzensäften.

Zur Anwendung kamen aus frischen Pflanzen gewonnene Preßsäfte. Ilisch, der die Einführung solcher Pflanzensäfte in von Blutlaus und Blattläusen befallene Bäume vorschlug, ging hierbei von dem Gedanken aus, daß von Insekten gemiedene Pflanzen Stoffe enthalten müssen, die für dieselben schädlich, zum mindesten aber ungenießbar sind. Nach seiner Ansicht kamen hier in Betracht: Tomate, Rhabarber und Tabak. Aus diesen Pflanzen wurde nun auch mit Hilfe einer Fleischzerkleinerungsmaschine der Saft ausgepreßt, und dieser zwecks Haltbarmachung mit etwas Borsäure versetzt. Weiterhin wurde in einigen Fällen durch Einkochen eine Konzentrationserhöhung der Preßsäfte herbeigeführt. Folgende Präparate wurden hergestellt und zu den Versuchen verwandt:

| | Bezeichnung |
|---|---|
| 1. Tomatensaft + 1% Borsäure | A + 1% Bo. |
| 2. Rhabarbersaft + 1% Borsäure | E + 1% Bo. |
| 3. Tomatensaft + Tabaksaft in gleichen Teilen + 1% Borsäure | A + N + 1% Bo. |
| 4. Rhabarbersaft + Tabaksaft in gleichen Teilen + 1% Borsäure | E + N + 1% Bo. |
| 5. Rhabarbersaft + Tomatensaft in gleichen Teilen + 1% Borsäure | E + A + 1% Bo. |
| 6. Rhabarbersaft + Tabaksaft + Tomatensaft + wässeriger Auszug aus Kautabak in gleichen Teilen + 1% Borsäure | E + N + A + T + 1% Bo. |
| 7. Tomatensaft auf 1/5 eingedampft + 1% Borsäure | A 5x + 1% Bo. |
| 8. Rhabarbersaft auf 1/5 eingedampft + 1% oder 0,5% Borsäure | E 5x + 1% Bo.<br>E 5x + 0,5% Bo. |
| 9 Rhabarber- und Tomatensaft je auf 1/5 eingedampft und zu gleichen Teilen gemischt + 1% Borsäure | E 5x + A 5x + 1% Bo. |
| 10. Tabakextrakt | |

Was die behandelten Bäume betrifft, so standen Hochstämme, Buschbäume, Spalierbäume und Kordons zur Verfügung. In einem Falle wurde ein Johannisbeerhochstamm behandelt. Letzterer, sowie einige Apfelbäume waren mit Blattläusen befallen. Die Versuche fanden im Mai und Juni statt. Das Wetter war durchweg für die Versuche günstig; es war warm und sonnig. Die Versuche wurden dauernd kontrolliert; die wichtigsten Daten wurden festgehalten.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. 12): Das Resultat war wenig befriedigend. Bei den meisten Versuchen war auch nicht die geringste Wirkung wahrnehmbar. Lediglich bei den Versuchen 7 und 9 unter Anwendung von E + N + A + T + 1% Bo. war eine Beeinflussung des Befalls zu bemerken. Versuch 7 war von vornherein so angelegt, daß über eine ev. Wirkung kein Zweifel bestehen konnte. Man muß nämlich im allgemeinen berücksichtigen, daß selbst bei stark befallenen, unbehandelten Bäumen aus irgendwelchen Gründen der Befall zurückgehen, ja sogar völlig verschwinden kann. Eine Wirkung der absorbierten Stoffe auf die Bäume war nicht zu bemerken. Der behandelte Johannisbeerhochstamm

ging infolge der starken Verletzung ein (Versuch 10). Aus allem scheint hervorzugehen, daß die Kombination E + N + A + T + 1 % Bo. von einer **gewissen Wirkung auf die Blutlaus** ist.

## 2. Versuche mit Chemikalien.

Zur Anwendung kamen folgende Chemikalien in Form wässeriger Lösungen und Verdünnungen:

1. Alaun (1 : 10),
2. Chloralhydrat (1 : 10),
3. Nicotin. muriat. (1 : 10),
4. Pyridin (1 : 10 und 1 : 20),
5. 1 T. Pyridin + 2 T. Alkohol abs. unverdünnt,

ferner Pyridin in viskoser Form (Bezeichnung Nr. III) nach folgendem Rezept:

2,5 g weiße Gelatine } kalt angerührt }
27,5 ccm Leitungswasser }
30 ccm Pyridin } im Wasserbad erwärmt und dann erkalten lassen,

sowie feste Tetrachlorkohlenstoffgelatine (Bezeichnung C) und feste Chloralhydratgelatine (Bezeichnung D) nach folgenden Rezepten:

5 g weiße Gelatine } kalt angerührt }
25 ccm Leitungswasser }
30 ccm Tetrachlorkohlenstoff } im Wasserbad erwärmt und dann erkalten lassen,

5 g weiße Gelatine }
25 ccm Leitungswasser }
30 ccm 10 %ige wässerige Chloralhydratlösung } im Wasserbad erwärmt und dann erkalten lassen.

Was die viskosen und festen Stoffe (Nr. III, C und D) betrifft, so wurde hierbei der Zweck verfolgt, durch eine allmähliche Auflösung derselben durch die in den Pflanzen zirkulierenden Säfte eine nachhaltige, möglichst lang andauernde Wirkung zu erzielen. Außerdem war hier ev. die Möglichkeit gegeben, größere Mengen von Pyridin, Tetrachlorkohlenstoff auf einmal in die Pflanzen einzuführen, ohne Gefahr laufen zu müssen, eine Schädigung derselben herbeizuführen. Die behandelten Apfelbäume waren der gleichen Art wie im vorigen Versuchsbericht angegeben. Außerdem wurden zwei Reineclauden behandelt. Letztere waren mit Blattläusen befallen; ebenso auch mancher der mit Blutlaus befallenen Apfelbäume. Die Versuche fanden von Mai bis August statt. Die Witterungsverhältnisse waren für die Versuche günstig; meist herrschte warmes, sonniges Wetter. Eine Kontrolle der Bäume fand des öfteren statt; die wichtigsten Vorkommnisse wurden jeweils vermerkt.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. 13): Die erzielten Resultate waren auch in diesem Falle wenig ermutigend. Am besten gelungen schien Versuch Nr. 3. Hier lag eine **restlose Befreiung eines an 8 Stellen stark mit Blutlaus befallenen Baumes durch Pyridin** vor.

Tabelle Nr. 3.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Min. | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufgenommene Menge Pyridin ccm | Zweiggewicht g | Zweiggewicht : Pyridin | Temperatur bei Versuchsbeginn[1]) Grad | Wirkung auf die Blutläuse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12.8.22 | Pyridin | 1 : 10 | 25 | 0,7 | 0,07 | 22,2 | 317 : 1 | 19 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung tote und lebende Blutläuse an dem Zweig festgestellt. Unter dem Zweig am Boden befanden sich abgewanderte Blutläuse; 50% derselben waren tot, 50% fortbewegungsunfähig. |
| 2 | 12.8.22 | | 1 : 10 | 60 | 1,25 | 0,125 | 12 | 96 : 1 | 19 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung noch einige lebende junge Blutläuse an dem Zweig festgestellt; der Rest war tot. Auf dem Boden, unter dem Zweig befanden sich sehr viele abgewanderte Blutläuse; der größte Teil war tot, die übrigen fortbewegungsunfähig. |
| 3 | 11.8.22 | | 1 : 20 | 435 | 6,5 | 0 325 | 15,3 | 47 : 1 | 20 | Am 14. 8. 22 wurde bei der mikroskopischen Untersuchung nur noch eine lebende junge Blutlaus an dem Zweig festgestellt. Unter dem Zweig am Boden lagen sehr viele tote Blutläuse; der Rest (nur wenige Exemplare) war noch am Leben, aber fortbewegungsunfähig. Die Abwanderung hatte bereits 24 Stunden nach Beginn des Versuches eingesetzt. |
| 4 | 11 8.22 | | 1 : 50 | 435 | 7 | 0,14 | 16 | 114 : 1 | 20 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung nur tote Blutläuse an dem Zweig festgestellt. Unter dem Zweig am Boden lagen tote und fortbewegungsunfähige Läuse. Die Abwanderung hatte bereits 24 Stunden nach Beginn des Versuches eingesetzt. |
| 5 | 11.8.22 | | 1 : 100 | 440 | 8,5 | 0,085 | 21,3 | 250,5 : 1 | 20 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung tote und lebende Blutläuse an dem Zweig festgestellt. Unter dem Zweig am Boden lagen sehr viele tote und sehr viele fortbewegungsunfähige Blutläuse. 24 Stunden nach Beginn des Versuches Beginn der Abwanderung. |
| 6 | 11.8.22 | | 1 : 500 | 440 | 6,5 | 0,013 | 10 5 | 838 : 1 | 20 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung nur lebende Blutläuse an dem Zweig festgestellt. Unter dem Zweig am Boden lagen nur wenig tote, aber sehr viele fortbewegungsunfähige Blutläuse. 24 Stunden nach Beginn des Versuches Beginn der Abwanderung. |
| 7 | 10.8.22 | | 1 : 1000 | ca. 720 | 19 | 0,019 | 11,8 | 621 : 1 | 20 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung nur tote Blutläuse an dem Zweig festgestellt. Die Blutläuse kamen bereits wenige Stunden nach Versuchsbeginn in Bewegung. |
| 8 | 10.8.22 | | 1 : 5000 | ca 720 | 19 | 0,0038 | 13,4 | 3528 : 1 | 20 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung nur lebende Blutläuse an dem Zweig festgestellt. Eine Abwanderung kam nicht zustande. |
| 9 | 10.8.22 | | 1 : 10000 | ca. 720 | 10 | 0,001 | 7,2 | 7200 : 1 | 20 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung nur lebende Blutläuse an dem Zweig festgestellt. Eine Abwanderung kam nicht zustande. |
| 10 | 10.8.22 | | 1 : 100000 | ca. 720 | 12 | 0,00012 | 11,1 | 92500 : 1 | 20 | Am 14. 8. 22 wurden bei der mikroskopischen Untersuchung nur lebende Blutläuse an dem Zweig festgestellt. Eine Abwanderung kam nicht zustande. |

[1]) siehe Fußnote S. 82.

Die Versuche Nr. 13 und 14 mit Pyridin bzw. Pyridin + Alkohol waren ebenfalls von einem gewissen Erfolg begleitet. Das Ergebnis von Versuch Nr. 1 könnte so zu erklären sein, daß die Blutläuse infolge der Behandlung des Baumes abwanderten, und daß daraufhin Neubefall eintrat. Alle übrigen Versuche liefen völlig negativ aus. Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß sich Pyridin von allen Stoffen als am wirksamsten erwiesen hat, und daß hier allgemein Schädigungen der Bäume nicht aufgetreten sind.

## D. Spezielle Versuche.

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Versuche und ihre zum Teil widersprechenden Ergebnisse haben mit aller Deutlichkeit gezeigt, daß, wie bei der Bearbeitung anderer komplizierter Probleme auch hier nur durch Klärung der einzelnen Fragen ein Erfolg gezeitigt werden kann. Nur wenn sich hier im Verlaufe der mannigfaltigen Untersuchungen Ergebnis an Ergebnis reihen wird, werden wir damit rechnen können, dem gesteckten Ziele, der Nutzbarmachung der inneren Therapie für den Pflanzenschutz, näher zu kommen. Nach den bisherigen Erfahrungen und nach den Mitteilungen anderer Autoren zu urteilen, kommt es nun vor allem darauf an zu wissen, wie sich die Pflanzen ihnen einverleibten Stoffen (Lösungen von Chemikalien usw.) gegenüber verhalten und außerdem eine geeignete Formel zu finden, durch die jeweils für die eventuell in Betracht kommenden Stoffe die Dosis tolerata bzw. toxica ausgedrückt werden kann. In Anbetracht dessen, daß Feststellungen solcher Art, wie bereits an anderer Stelle betont, grundlegend für das ganze Problem sind, habe ich mich in der Hauptsache mit diesbezüglichen Untersuchungen befaßt. Weiterhin wurden Versuche zwecks Ermittelung der Dosis curativa angestellt, sowie der Ausbreitung von Stoffen in den Pflanzen ein Kapitel gewidmet.

### 1. Versuche zwecks Feststellung der Wirkung verschiedener Stoffe auf die Pflanzen (Versuche zur Bestimmung der Dosis tolerata bzw. toxica).

Wie bei der Chemotherapie in der Human- und Veterinärmedizin, so kommt es auch bei der Anwendung chemotherapeutischer Methoden zum Schutze der Pflanzen gegen Parasiten und Krankheiten, also auch bei dem inneren Heilverfahren, zunächst darauf an, von den anzuwendenden Stoffen jeweils die Menge und die näheren Umstände kennen zu lernen, unter welchen dieselben für den pflanzlichen Organismus noch unschädlich sind. Es liegen nun eine ganze Reihe von Arbeiten vor, die dieses Gebiet und auch speziell die Baumbehandlung durch Einführung von Stoffen in den Saftstrom mehr oder weniger eingehend behandeln. So haben sich Pfeffer, Sachs, Straßburger und Wieler, sowie auch Gaunersdorffer (1887), Overton (1896), Schwartz (1897), Szücs (1912), d'Ippolito

Tabelle Nr. 4.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Stunden | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufgenommene Menge Aluminiumsulfat g | Zweiggewicht g | Zweiggewicht : Aluminiumsulfat | Temperatur im Durchschnitt Grad | Wirkung auf die Blutläuse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1 : 10 | 5 | 2,6 | 0,26 | 13 | 50 : 1 | 14,5 | 16. 9. 22 schwache Wanderung am Zweig. Nur wenige Tiere abgewandert [18. 9. 22][1]). |
| 2 | 14. 9. 22 | „ | 1 : 20 | 5 | 2,9 | 0,145 | 17 | 117,2 : 1 | 14,5 | 16. 9. 22 schwache Wanderung am Zweig. Nur wenige Tiere abgewandert [18. 9. 22][1]). |
| 3 | 14. 9. 22 | „ | 1 : 50 | 5 | 3,3 | 0,066 | 15,1 | 288,8 : 1 | 14,5 | 16. 9. 22 die Tiere bewegen sich nur am Zweig. Am 18. 9. 22 einige Tiere abgewandert[1]). |
| 4 | 14. 9. 22 | „ | 1 : 100 | 5 | 3,8 | 0,038 | 16,6 | 436,8 : 1 | 14,5 | 16. 9. 22 stärkere Wanderung am Zweig. Am 18. 9. 22 nur sehr wenige Tiere abgewandert.[1]) |
| 5 | 14. 9. 22 | „ | 1 : 500 | 5 | 4,5 | 0,009 | 23 | 2555,5 : 1 | 14,5 | 16. 9. 22 stärkere Wanderung am Zweig. Am 18. 9. 22 nur sehr wenige Tiere abgewandert[1]). |
| 6 | 14. 9. 22 | „ | 1 : 1000 | 5 | 4,5 | 0,0045 | 22 | 4888,8 . 1 | 14,5 | 16 9 22 starke Wanderung am Zweig. Am 18. 9. 22 ziemlich viele Tiere abgewandert[1]). |
| 7 | 14. 9. 22 | „ | 1 : 5000 | 5 | 2,8 | 0,00056 | 9 | 16071 : 1 | 14,5 | 16. 9. 22 starke Wanderung am Zweig. Am 18. 9. 22 viele Tiere abgewandert[1]). |
| 8 | 14 9. 22 | „ | 1 : 10000 | 5 | 4,7 | 0,00047 | 16 | 34042 : 1 | 14,5 | 16. 9. 22. sehr starke Wanderung am Zweig. Am 18. 9. 22 sehr viele abgewandert[1]). |

[1]) Am 18. 8. 22 ergab die mikroskopische Untersuchung nur lebende am Zweig sitzende Blutläuse.

(1913), Seeliger (1920), Bouchardat, de Cadolle, Conventz, Marcot und Starke mit dem Verhalten von Stoffen (Lösungen von Chemikalien und Farbstoffen usw.) auf die Pflanzen befaßt. Die Wirkung auf verschiedene, mit verschiedenen Stoffen nach dem inneren Heilverfahren behandelte Pflanzen wurde außerdem in eingehender Weise von Shewirjoff (1903), Surface (1914), Sanford (1915), Shattuck (1915), Moore und Ruggles (1915), Flint (1915), Wellhouse (1915), Raybaud (1921) und besonders ausführlich von Rumbold (1920) geschildert. Letztere hat eine größere Anzahl von Lösungen und Verdünnungen von Chemikalien, Farbstoffen, Pflanzensäften u. a. in bezug auf ihren Einfluß auf Kastanien *(Castanea dentata)* geprüft. Sie stellte, wie bereits mitgeteilt, fest, daß eine ganze Reihe von Stoffen in bestimmten Konzentrationen für *Castanea dentata* unschädlich waren, andererseits konnte sie aber auch solche Konzentrationen ermitteln, die eine Reizwirkung hervorriefen oder die schwach oder stark schädlich waren (vgl. S. 47). Eine Bestimmung der Dosis tolerata bzw. toxica für irgendwelche Stoffe, worauf es ja vor allen Dingen ankommt, gelang Rumbold ebensowenig wie anderen Versuchsanstellern. Zu berücksichtigen ist hier allerdings, daß Rumbold für diese speziellen Versuche ein durchaus untaugliches Objekt zur Verfügung hatte. Denn es ist, um dies vorweg zu nehmen, die absolute Unschädlichkeit eines Stoffes einer bestimmten Konzentration, z. B. einer Salzlösung, für die Pflanze nur dann einwandfrei erwiesen, wenn bei völliger Durchtränkung der pflanzlichen Gewebe mit dieser Lösung auch nach längerer Zeit keine Schädigungen auftreten. Es ist daher bei Vornahme eines solchen Versuches unerläßlich, stets zu wissen, inwieweit die Pflanze von der betreffenden Lösung durchdrungen ist, d. h. welche Mengen aufgenommen wurden. Bei Untersuchungen solcher Art muß also zunächst das Volumen der Versuchspflanze festgestellt [1]) und danach dosiert werden. Erst hierdurch ist es möglich, die Dosis tolerata bzw. toxica zu bestimmen, d. h. die Konzentration des betreffenden Stoffes zu ermitteln, die bei völliger Durchtränkung der Pflanze noch unschädlich für diese ist (vgl. auch S. 84 und 89; Vorversuche). Das Verhältnis zwischen der Menge des in der Flüssigkeit enthaltenen Stoffes und dem Gewicht bzw. Volumen der behandelten Pflanze kommt nicht in Betracht; es entspricht aber bei völliger Sättigung der Gewebe etwa dem Konzentrationsgrade der Lösung; letzterer ist hier maßgebend. Neben diesen Dingen müssen außerdem, wie bei allen derartigen Versuchen, auch die näheren Umstände in Berücksichtigung gezogen werden. Die Angaben, die nun Rumbold über die verschiedenen Stoffe in bezug auf deren Wirkung auf die Pflanze *(Castanea dentata)* macht, bieten immerhin gewisse Anhaltspunkte; sie sind aber für die Praxis noch keineswegs verwertbar, denn es ist ohne weiteres einleuchtend, daß, sofern man, wie Rumbold es getan hat, die Bäume

[1]) Falls eine Wägung möglich ist, stellt man zweckmäßigerweise das Gewicht fest.

Tabelle Nr. 5.

| Nr | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Stunden | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufgenommene Menge Pyridin ccm | Zweiggewicht g | Zweiggewicht : Pyridin | Temperatur bei Versuchsbeginn Grad | Wirkung auf die Pflanze (Apfel) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12 8. 22 | Pyridin | 1 : 10 | 25 Min. | 0,7 | 0,07 | 22,2 | 317 : 1 | 19 | 14 8. 22 Blätter bereits „verbrannt". |
| 2 | 13 7. 22 | „ | konz. | 1 | 1,2 | 1,2 | 23 | 19,1 : 1 | 18 | 14. 7. 22 Zweig sehr schwer beschädigt; am 15 7. 22 abgestorben. |
| 3 | 14. 7. 22 | „ | 1 : 2 | 1 | 2 | 1 | 31 | 31 : 1 | 19 | 15. 7. 22 Zweig sehr schwer beschädigt. 3 Tage nach Beginn des Versuches abgestorben. |
| 4 | 14. 7. 22 | „ | 1 : 3,33 | 1 | 1 | 0,3 | 33 | 110 : 1 | 19 | 15. 7. 22 Zweig sehr schwer beschädigt. 4 Tage nach Beginn des Versuches abgestorben. |
| 5 | 13. 7. 22 | „ | 1 : 5 | 1 | 1 | 0,2 | 32 | 160 : 1 | 18 | 15. 7. 22 Zweig sehr schwer beschädigt. 5 Tage nach Beginn des Versuches abgestorben. |
| 6 | 12. 7. 22 | „ | 1 : 10 | 1 | 2 | 0,2 | 68,5 | 345 : 1 | — | 15. 7. 22 Zweig noch unbeschädigt. |
| 7 | 12. 8. 22 | „ | 1 : 10 | 1 | 1,25 | 0,125 | 12 | 96 : 1 | 19 | 14. 8. 22 Blätter total „verbrannt". |
| 8 | 14. 7. 22 | „ | 1 : 20 | 1 | 1 | 0,05 | 12 | 240 : 1 | 19 | 21. 7. 22 Zweig noch unbeschädigt. |
| 9 | 14. 7. 22 | „ | 1 : 100 | 1 | 1,5 | 0,015 | 20 | 1333 : 1 | 19 | 21. 7. 22 Zweig noch unbeschädigt. |
| 10 | 11 8. 22 | „ | 1 : 20 | 7,25 | 6,5 | 0,325 | 15,3 | 47 : 1 | 20 | 14. 8. 22 Blätter total „verbrannt". |
| 11 | 11. 8. 22 | „ | 1 : 50 | 7,25 | 7 | 0,14 | 16 | 114 : 1 | 20 | 14. 8. 22 Blätter total „verbrannt". |
| 12 | 11. 8. 22 | „ | 1 : 100 | 7,33 | 8,5 | 0,085 | 21,3 | 250,5 : 1 | 20 | 14. 8. 22 Zweig stark beschädigt. |
| 13 | 11. 8 22 | „ | 1 : 500 | 7,33 | 6,5 | 0,013 | 10,5 | 808 : 1 | 20 | 14. 8. 22 Blätter unbeschädigt. |
| 14 | 10 8. 22 | „ | 1 : 1000 | ca. 12 | 19 | 0,019 | 11,8 | 621 : 1 | 20 | 14. 8. 22 Blätter „verbrannt". |
| 15 | 10. 8. 22 | „ | 1 : 5000 | ca. 12 | 19 | 0,0038 | 13,4 | 3528 : 1 | 20 | 14. 8. 22 Blätter unbeschädigt. |
| 16 | 10. 8. 22 | „ | 1 : 10000 | ca. 12 | 10 | 0,001 | 7,2 | 7200 : 1 | 20 | 14. 8. 22 Blätter unbeschädigt; 16. 8. 22 das Mesophyll wird gelb; Blätter frisch. |
| 17 | 10. 8. 22 | „ | 1 : 100000 | ca. 12 | 12 | 0,00012 | 11,1 | 92500 : 1 | 20 | 17. 8. 22 Blätter unbeschädigt; sie werden gelb, bleiben aber frisch. |
| 18 | 12. 7. 22 | „ | 1 : 20 | 18 (z. T. über Nacht) | 15,5 | 0,775 | 46 | 60 : 1 | — | 15. 7. 22 Zweig stark beschädigt. |
| 19 | 12. 7. 22 | „ | 1 : 100 | 23 (z. T. über Nacht) | 50 | 0,5 | 89 | 178 : 1 | — | 15. 7. 22 Zweig noch unbeschädigt. |

jeweils nur einen Bruchteil ihres Wassergehaltes an Lösungen bzw. Verdünnungen von Stoffen absorbieren läßt, sich die Konzentration jener Flüssigkeiten im Baume selbst sehr schnell verändert (die Konzentration wird meist wohl schwächer). Rumbold bestätigt dies übrigens selbst, indem sie sagt, daß, je weiter sich die Zweige und Blätter von der Aufnahmestelle befanden, die Stärke der Schädigungen abnahm. Daß Rumbold wohl in keinem Falle zu einer völligen und zwar gleichmäßigen Durchtränkung ihrer Versuchsbäume gekommen sein dürfte, geht schon daraus hervor, daß in dem für diese Art der Behandlung besonders geeigneten Monat August in einer Woche von einem Baum nur 1603 ccm Lösung aufgenommen wurden, und einmal bei einer 41 tägigen ununterbrochen andauernden Aufnahme von Paranitrophenol 1:1000 G. M. nur 32,5 Liter absorbiert wurden. Vergleicht man nun mit diesen Zahlen den Wassergehalt der Versuchsbäume (etwa 75 % des Frischgewichtes) und den täglichen Wasserverbrauch derselben, so hätte hier Rumbold, um einigermaßen einwandfreie Resultate zu erzielen, weit größere Flüssigkeitsmengen anwenden müssen.

### *a) Versuche unter Anwendung einfacher Lösungen bzw. Verdünnungen verschiedener Präparate.*

Folgende Stoffe, wie Säuren, Basen, Salze usw., die in Form wässeriger Lösungen bzw. Verdünnungen[1]) angewandt wurden, wurden unter Zuhilfenahme verschiedener Methoden im Laboratorium in bezug auf ihre Wirkung auf Pflanzen geprüft.

Anorganische Verbindungen:

1. Schwefelsäure,
2. Salzsäure,
3. Salpetersäure,
4. Aetznatron,
5. Aluminiumsulfat,
6. Magnesiumsulfat,
7. Baryumchlorid,
8. Kaliumchlorid,
9. Natriumchlorid,
10. Kupfersulfat,
11. Kupferacetat + Ammoniak[2]),
12. Zinkacetat,
13. Quecksilberbichlorid.

Organische Verbindungen:

1. Alkohol absolut,
2. Ameisensäure,
3. Chloralhydrat,
4. Eisessig,
5. Phenol crist.,
6. Pyridin.

[1]) Zur Auflösung bzw. zur Verdünnung der Stoffe wurde, der Praxis entsprechend, Leitungswasser benutzt.

[2]) Einer wässerigen Kupferacetatlösung wurde Ammoniak in Überschuß zugegeben, bis das ausgefallene Kupferhydroxyd wieder in Lösung ging.

Tabelle Nr. 6.

| Nr. | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Stunden | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufgenommene Menge Aluminiumsulfat g | Zweiggewicht g | Zweiggewicht: Aluminiumsulfat | Temperatur im Durchschnitt Grad | Wirkung auf die Pflanze (Apfel) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:10 | 4 | 1 | 0,1 | 5 | 50 : 1 | 16,5 | Bereits 20 Stunden nach Beginn des Versuches Blätter mit großen braunen Flecken. |
| 2 | 6. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:20 | 4 | 1,4 | 0,07 | 5,8 | 83 : 1 | 16,5 | Bereits 20 Stunden nach Beginn des Versuches Blätter mit kleinen braunen Flecken. |
| 3 | 6. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:50 | 4 | 1,7 | 0,034 | 5,5 | 165 : 1 | 16,5 | Bereits 20 Stunden nach Beginn des Versuches Blätter mit zum Teil größeren braunen Flecken. |
| 4 | 6. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:100 | 4 | 3,5 | 0,035 | 5,8 | 174 : 1 | 16,5 | Bereits 20 Stunden nach Beginn des Versuches ein Blatt mit einigen hellbraunen Flecken. |
| 5 | 6. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:500 | 4 | 2,7 | 0,0054 | 4 | 740 : 1 | 16,5 | 6 Tage nach Beginn des Versuches Blätter unverändert und frisch. |
| 6 | 6. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:1000 | 4 | 1,2 | 0,0012 | 5,1 | 4250 : 1 | 16,5 | 6 Tage nach Beginn des Versuches Blätter unverändert und frisch. |
| 7 | 6. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:5000 | 4 | 1 | 0,0002 | 4 | 20000 : 1 | 16,5 | 6 Tage nach Beginn des Versuches Blätter unverändert und frisch. |
| 8 | 6. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:10000 | 4 | 3,5 | 0,00035 | 3,7 | 10600 : 1 | 16,5 | 6 Tage nach Beginn des Versuches Blätter unverändert und frisch. |

Tabelle Nr. 7.

| Nr. | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Stunden | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufgenommene Menge Aluminiumsulfat g | Zweiggewicht g | Zweiggewicht: Aluminiumsulfat | Temperatur im Durchschnitt Grad | Wirkung auf die Pflanze (Apfel) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:10 | 5 | 2 | 0,2 | 32,5 | 162,5:1 | 16,5 | Bereits 24 Stunden nach Beginn des Versuches haben sich die Blätter heller, gelbgrün, gefärbt. Nach 48 Stunden braune Flecken vorhanden. |
| 2 | 7. 9. 22 | | 1:20 | 5 | 3,8 | 0,19 | 37,5 | 197,3:1 | 16,5 | |
| 3 | 7. 9. 22 | | 1:50 | 5 | 2,2 | 0,044 | 21,5 | 488,6:1 | 16.5 | |
| 4 | 7. 9. 22 | | 1:100 | 5 | 5 | 0,05 | 20,2 | 404:1 | 16,5 | |
| 5 | 7. 9. 22 | | 1:500 | 5 | 6 | 0,003 | 30 | 10000:1 | 16,5 | 4 Tage nach Beginn des Versuches Blätter unverändert und frisch. |
| 6 | 7. 9. 22 | | 1:1000 | 5 | 6 | 0,006 | 20 | 3333,3:1 | 16,5 | |
| 7 | 7. 9. 22 | | 1:5000 | 5 | 8 | 0,0016 | 18 | 11250:1 | 16,5 | |
| 8 | 7. 9. 22 | | 1:10000 | 5 | 6,4 | 0,00064 | 16,5 | 25790:1 | 16,5 | |

Prüfung nach der 1. Methode.

Diese Methode beruht auf der allgemein bekannten Tatsache, daß bei Abtötung des Protoplasmas, dieses seine Semipermeabilität verliert. Bei Abtötung von Zellen mit gefärbtem Zellsaft (z. B. bei roten Rüben), unter Anwendung irgend welcher Flüssigkeiten, tritt also der Farbstoff durch die permeabel gewordene Zellwand sofort in die Umgebung über; er zeigt somit jede Schädigung an (vgl. auch Noll, Lehrbuch der Botanik). Bei den nachfolgend beschriebenen Versuchen wurden daher zuerst Scheiben (nur bei einigen Versuchen angewandt) oder längliche Stücke von quadratischem Querschnitt von roten Rüben von ganz bestimmtem Gewicht (0,5—1 g) in gleiche Mengen (10 ccm) der zu prüfenden Stoffe, die in verschiedenen Konzentrationen bzw. Verdünnungen zur Anwendung kamen, eingelegt. Dadurch, daß die zu prüfende Flüssigkeit im Überschuß vorhanden war, war nicht allein die Möglichkeit zu einer völligen Durchtränkung der Gewebe, sondern auch zu einer Speicherung der in den Lösungen enthaltenen Stoffe in denselben gegeben. Ferner wurden die Rübenstücke vor Versuchsbeginn, um den in den (durch das Zerschneiden) verletzten Zellen befindlichen Farbstoff zu entfernen, erst mehrere Stunden mit Wasser gespült. Die zu prüfende Flüssigkeit wurde daraufhin in ein Reagenzglas eingefüllt und alsdann ein Rübenstück eingelegt. Von jedem Stoff wurde stets eine ganze Reihe von Konzentrationen gleichzeitig geprüft. Als Maßstab diente hierbei der Grad der Färbung der Flüssigkeit und der damit verbundenen Entfärbung der Rübenstücke. In manchen Fällen jedoch veränderte sich auch der rote Farbstoff der Rübenstücke; die dieselben umgebende Flüssigkeit färbte sich alsdann entsprechend. Die Einwirkungszeit betrug mindestens 2 Tage. Als unschädlich galt die Konzentration, die sich in jener Zeit nicht stärker als hellrosa färbte bzw. die Konzentration, die keinerlei Farbveränderungen an den Rübenstücken hervorrief. In solchen Fällen, wo eine Verfärbung (nicht Entfärbung) der Rübenstücke (bei Anwendung höherer Konzentrationen) stattfand, wurde die Konzentration als unschädlich angenommen, die eine solche Reaktion an den Rübenstücken nicht hervorrief. Um hier, wie auch bei den übrigen Versuchen sicher zu gehen, wurden nach Beendigung des Versuchs die Rübenstücke in Scheiben geschnitten und mikroskopisch untersucht. Das Ergebnis dieser Untersuchung gab in zweifelhaften Fällen den Ausschlag. Außerdem wurde zur Ergänzung des Ganzen der Einfluß der angewandten Stoffe auf den roten Farbstoff der Rüben noch gesondert geprüft, wobei bemerkt sei, daß eine Farbänderung nicht immer einer Schädigung der Pflanze gleichzusetzen ist. Demnach wurde insbesondere auf folgende Dinge bei der Feststellung der Schädlichkeit bzw. Unschädlichkeit der verschiedenen Lösungen und Verdünnungen von Stoffen geachtet.

1. Auf den Grad der Extraktion des roten Farbstoffs der Rübenstücke.
2. Auf die Färbung der Rübenstücke selbst.

3. Auf den Einfluß der Stoffe auf den roten Farbstoff der Rüben. Die Methode schien also unter Umständen geeignet, die Konzentration bzw. Verdünnung jedes der angeführten Stoffe zu ermitteln, die gerade noch unschädlich für die lebenden Teile der Pflanzen (in diesem Falle die Zellen der roten Rüben) ist.

Im Nachfolgenden seien nunmehr die verschiedenen Versuche beschrieben.

Versuche mit anorganischen Stoffen.

1. Versuch mit Schwefelsäure: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (von 1 : 100 bis 1 : 100000). Die Versuchsdauer betrug drei Tage (Versuche vom 27. und 30. 10. 22 und 27. 11. 22) und 80 Stunden (Versuch vom 14. 11. 22).

Ergebnis: Die Färbung der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeit schien darauf hinzudeuten, daß erst Konzentrationen von 1:20000 ab unschädlich sind. Dies Ergebnis wurde durch Schnitte, die durch die Rübenstücke gelegt wurden, bestätigt.

2. Versuche mit Salzsäure: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (von 1 : 100 bis 1 : 10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 0,6 g. Die Versuchsdauer betrug drei Tage.

Ergebnis: Nach der Färbungsintensität der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeit und der Farbveränderung der Rübenstücke selbst zu urteilen, dürften Konzentrationen von 1 :5000 ab als unschädlich zu bezeichnen sein. Bei Anwendung stärkerer Konzentrationen färbten sich die Rübenstücke und die sie umgebende Flüssigkeit mehr oder weniger blau. Auffallend war hierbei, daß solche Lösungen nicht in dem Maße Farbstoff extrahierten, als man erwarten sollte. Mit aus Rübensaft hergestellten (roten) Farblösungen angestellte Versuche (vgl. S. 109) ergaben, daß die Farbe nach einigen Stunden Einwirkungszeit verblaßte.

3. Versuche mit Salpetersäure: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 0,6 g. Die Versuchsdauer betrug drei Tage (Versuche vom 27. 10. 22) und 114 Stunden (Versuche vom 15. 11. 22).

Ergebnis: Nach der Färbung der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeit zu urteilen, schienen Konzentrationen von 1:5000 ab nicht mehr schädlich. Mit Hilfe von Schnitten jedoch wurde festgestellt, daß erst solche von 1:10000 ohne Einfluß waren.

4. Versuche mit Ätznatron: Angewandt wurden verschiedene Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 1 g. Die Einwirkungszeit betrug vier Tage.

Ergebnis: Nach dem Färbungsgrad der die Rübenstücke umgebenden Lösungen zu urteilen, schienen Konzentrationen von 1:1000 unschädlich.

Tabelle Nr. 8.

| Nr | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme (Stunden) | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge (ccm) | Aufgenommene Menge Aluminiumsulfat (g) | Zweiggewicht (g) | Zweiggewicht : Aluminiumsulfat | Temperatur im Durchschnitt (Grad) | Wirkung auf die Pflanze (Apfel) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1 : 10 | 5 | 2,6 | 0,26 | 13 | 50 : 1 | 14,5 | 24 Stunden nach Beginn des Versuches das Grün der Blätter zu einem großen Teil durch braune Flecken verdrängt. |
| 2 | 14. 9. 22 | | 1 : 20 | 5 | 2,9 | 0,145 | 17 | 117,2 : 1 | 14,5 | 24 Stunden nach Beginn des Versuches das Grün der Blätter zu einem großen Teil durch braune Flecken verdrängt (die an der Basis des Zweiges befindlichen Blätter haben am wenigsten gelitten). |
| 3 | 14. 9. 22 | | 1 : 50 | 5 | 3,3 | 0,066 | 15,1 | 288,8 : 1 | 14,5 | 24 Stunden nach Beginn des Versuches Blätter kaum beschädigt. |
| 4 | 14. 9. 22 | | 1 : 100 | 5 | 3,8 | 0,038 | 16,6 | 436,8 : 1 | 14,5 | 48 Stunden nach Beginn des Versuches Blätter nicht beschädigt. |
| 5 | 14. 9. 22 | | 1 : 500 | 5 | 4,5 | 0,009 | 23 | 2555,5 : 1 | 14,5 | |
| 6 | 14. 9. 22 | | 1 : 1000 | 5 | 4,5 | 0,0045 | 22 | 4888,8 : 1 | 14,5 | |
| 7 | 14. 9. 22 | | 1 : 5000 | 5 | 2,8 | 0,00056 | 9 | 16071 : 1 | 14,5 | |
| 8 | 14. 9. 22 | | 1 : 10000 | 5 | 4,7 | 0,00047 | 16 | 34042 : 1 | 14,5 | |

Tabelle Nr. 9.

| Nr. | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Stunden | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufgenommene Menge Pyridin ccm | Zweiggewicht g | Zweiggewicht : Pyridin | Temperatur im Durchschnitt Grad | Beleuchtung | Wirkung auf die Pflanze (Fuchsia) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2. 10. 22 | Pyridin | 1:10 | 5 | 0,5846 | 0,059 | 4,6 | 78:1 | 14,5 | diffuses Licht | Am 5. 10. 22 Blätter z. T. welk, herunterhängend. Mesophyll z. T. verfärbt Glanz der betreffenden Blätter fehlt[1]). |
| 2 | 2. 10 22 | „ | 1:20 | 5 | 0,2512 | 0,013 | 1,9 | 146:1 | 14,5 | | Am 5. 10. 22 ein Trieb mit Welkerscheinungen. Mesophyll eines Blattes z. T. verändert[1]). |
| 3 | 2. 10 22 | „ | 1:50 | 5 | 0,3491 | 0,007 | 1,9 | 271:1 | 14,5 | | Am 5. 10. 22 Trieb unbeschädigt. Blätter frisch[1]). |
| 4 | 2. 10. 22 | „ | 1:100 | 5 | 0,3014 | 0,003 | 2 | 666:1 | 14,5 | | |
| 5 | 2. 10. 22 | „ | 1:500 | 5 | 0,3491 | 0.0007 | 1,8 | 2571:1 | 14,5 | | |
| 6 | 2. 10. 22 | „ | 1:1000 | 5 | 0,316 | 0,0003 | 1,8 | 6000:1 | 14,5 | | |
| 7 | 2. 10 22 | „ | 1:5000 | 5 | 0,3768 | 0,000075 | 1,8 | 24000:1 | 14 5 | | |
| 8 | 2. 10. 22 | „ | 1:10000 | 5 | 0,3 | 0,00003 | 1.2 | 40000:1 | 14,5 | | |

[1]) Am 6. 10. 22 alle Blätter ± welk.

Schnitte ergaben ein ähnliches Resultat; die Grenzkonzentration lag zwischen 1:1000 und 1:5000.

5. Versuche mit Aluminiumsulfat: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (von 1:10 bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 0,5 g (Scheiben) und 1 g. Die Versuchsdauer betrug drei Tage (Versuche vom 16. 10. 22) und fünf Tage (Versuche vom 1. 11. 22).

Ergebnis: Nach dem Färbungsgrad der die Rübenscheiben (Versuch vom 16. 10. 22) bzw. Rübenstücke (Versuche vom 1. 11. 22) umgebenden Lösung zu urteilen, schienen Konzentrationen von 1:200 ab unschädlich. Schnitte ergaben jedoch erst bei Konzentrationen von 1:400 ab ein günstiges Resultat.

6. Versuche mit Magnesiumsulfat: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Die Versuchsdauer betrug drei Tage.

Ergebnis: Nach der Färbungsintensität der die Rübenstücke umgebenden Lösungen zu urteilen, bot die Methode in diesem Falle keinen Anhaltspunkt. Schnitte zeigten jedoch, daß sämtliche Rübenstücke unverändert waren. Es war daher anzunehmen, daß Konzentrationen von 1:100 ab nicht mehr schädlich wirkten.

7. Versuche mit Baryumchlorid: Angewandt wurden verschiedene Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 1 g. Die Einwirkungszeit betrug vier Tage.

Ergebnis: Nach dem Grad der Färbung der die Rübenstücke umgebenden Lösungen und der Veränderung der Rübenstücke selbst zu urteilen, waren Konzentrationen von 1:5000 ab nicht mehr schädlich. Schnitte bestätigten das Ergebnis.

8. Versuche mit Kaliumchlorid: Angewandt wurden verschiedene Konzentrationen (von 1: bis 1:100). Das Gewicht der Rübenstücke war 1 g. Die Einwirkungszeit betrug drei Tage.

Ergebnis: Nach der Färbung der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeit zu urteilen, schien selbst eine Konzentration von 1:5 nicht schädlich. Schnitte ergaben, daß eine Konzentration von 1:5 immerhin eine gewisse Schädigung hervorrufen dürfte (bläulich-rote Färbung der Stücke); von Konzentrationen von 1:10 ab waren die Rübenstücke normal gefärbt.

9. Versuche mit Natriumchlorid: Angewandt wurden verschiedene Konzentrationen (von 1:5 bis 1:100). Das Gewicht der Rübenstücke war 1 g. Die Versuchsdauer betrug drei Tage.

Ergebnis: Nach der Färbung der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeit und der Rübenstücke selbst zu urteilen, schien auch die stärkste Konzentration (1:5) nicht schädlich. Schnitte bestätigten diese Annahme.

10. Versuch mit Kupfersulfat: Zur Anwendung kamen verschiedene Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Die Einwirkungszeit betrug fünf Tage.

Ergebnis: Bei Anwendung stärkerer Konzentrationen (von 1:100 bis 1:1000) wurde aller Farbstoff der Rübenstücke zerstört; ein Farbstoffauszug war wohl aus diesem Grunde nicht wahrnehmbar. Bei schwächeren Konzentrationen war ein schwacher, hellrosa gefärbter Auszug vorhanden, und die Rübenstücke waren heller geworden; immerhin schien eine Lösung von 1:10000 nicht mehr schädlich zu wirken. Schnitte bestätigten diese Annahme.

11. Versuche mit Kupferacetat + Ammoniak: Angewandt wurden verschiedene Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Die Versuchsdauer betrug sechs Tage.

Ergebnis: Da die stärkeren Lösungen an sich sehr intensiv gefärbt waren, so konnte hier der Grad des Austritts des roten Farbstoffs aus den Rübenstücken nicht einwandfrei festgestellt werden. Es wurde somit die Veränderung der Färbung der Rübenstücke selbst in Berücksichtigung gezogen. Bei Anwendung starker Konzentrationen hatten dieselben eine schwarze Färbung angenommen; schwächere Konzentrationen riefen eine dunkelbraune bis hellbraune Färbung hervor. Schnitte ließen eine völlige Farbveränderung des Gewebes (Inneres grün, Außenrand schwarz) erkennen. Konzentrationen bis 1:1000 riefen nur eine Farbveränderung der äußeren Zellschichten hervor.

12. Versuche mit Zinkacetat: Zur Anwendung kamen verschiedene Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Die Einwirkungszeit betrug drei Tage.

Ergebnis: Da die die Rübenstücke umgebende Lösung in allen Fällen klar blieb, so konnte die Methode zur Beurteilung nicht herangezogen werden. Die Rübenstücke selbst waren bei Anwendung stärkerer Lösungen (1:100 bis 1:500) völlig schwarz geworden. Bei den Konzentrationen von 1:500 an war eine Farbveränderung der Rübenstücke nicht zu bemerken; es scheint also, daß diese nicht mehr schädlich sind. Schnitte bestätigten diese Annahme. Erwähnt sei, daß bei den beschädigten Rübenstücken nur die äußeren Zellschichten jene Schädigungen (Farbveränderung) zeigten.

13. Versuche mit Quecksilberbichlorid: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 1 g. Die Einwirkungsdauer betrug vier Tage.

Ergebnis: Nach den Versuchen zu urteilen, schienen alle in Anwendung gebrachten Konzentrationen schädlich zu sein. Die stärkeren Konzentrationen (bis 1:500) riefen eine starke Trübung der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeit hervor; die Rübenstücke selbst färbten sich schwärzlich. Schnitte zeigten, daß Konzentrationen von 1:5000 an nicht mehr schädlich waren. Rübenstücke, die Konzentrationen bis 1:1000 ausgesetzt waren, waren im Innern gelb oder braun gefärbt.

Versuche mit organischen Verbindungen.

1. Versuche mit Alkohol: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (unverdünnt bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 1 g. Die Versuchsdauer betrug 81 Stunden.

Ergebnis: Nach der Färbung der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeiten zu urteilen, schienen alle Konzentrationen schädlich. Bei Anwendung unverdünnten Alkohols kam es zu einer Veränderung des Farbstoffs; dieser nahm eine bräunliche Färbung an. Nach Schnitten zu urteilen, dürften aber Konzentrationen von 1:5000 ab nicht mehr als schädlich zu betrachten sein.

2. Versuche mit Ameisensäure 50%: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 1 g. Die Versuchsdauer betrug vier Tage.

Ergebnis: Nach dem Färbungsgrad der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeit zu urteilen, schienen Konzentrationen von etwa 1:5000 ab nicht mehr schädlich. Schnitte ergaben das gleiche Resultat.

3. Versuche mit Chloralhydrat: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (1:10 bis 1:10000). Das Gewicht der Schnitte war 0,5 g. Die Versuchsdauer betrug $2^1/_2$ Tage (Versuche vom 18. 1. 22) und drei Tage (Versuche vom 10. 11. 22).

Ergebnis: Nach dem Färbungsgrad der die Rübenstücke umgebenden Lösungen zu urteilen, schienen Konzentrationen von 1:500 ab (Versuch vom 18. 10. 22) unschädlich. Eine Farbveränderung fand in keinem Falle statt. Die Versuche vom 10. 11. 22 ergaben insofern kein einwandfreies Resultat, als die Rübenstücke nicht lange genug ausgewaschen waren und in allen Fällen die sie umgebende Lösung stark färbten. Schnitte ließen aber erkennen, daß Konzentrationen von 1:1000 ab ohne Einfluß waren. Bei völliger Extraktion des roten Farbstoffs (bei Anwendung starker Konzentrationen) nahm das Gewebe eine gelblichweiße Färbung an.

4. Versuche mit Eisessig: Es wurden zahlreiche Konzentrationen (von 1:100 bis 1:10000) angewandt. Das Gewicht der Rübenstücke war 1 g. Die Versuchsdauer betrug drei Tage (Versuche vom 27. 10. 22) und sechs Tage (Versuche vom 15. 11. 22).

Ergebnis: Nach dem Grade der Farbenintensität der die Rübenstücke umgebenden Lösungen zu urteilen, schienen Konzentrationen von 1:10000 an nicht mehr schädlich zu sein. Schnitte ergaben das gleiche Resultat.

5. Versuche mit Phenol crist.: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konzentrationen (von 1:500 bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke war 0,5 g. Die Versuchsdauer betrug 4 Tage.

Ergebnis: Je nach der Stärke der Lösung trat eine mehr oder weniger intensive Färbung derselben auf; diese war bei Anwendung höherer Konzentrationen aber nicht sonderlich stark. Eine Ermittelung der Grenzkonzentration fand nicht statt. Schnitte zeigten, daß bei Konzentrationen

n 1:1000 ab das Innere der Rübenstücke unverändert blieb; nur die ßen gelegenen Zellen nahmen eine gelbbraune Färbung an.

6. Versuche mit Pyridin: Zur Anwendung kamen zahlreiche Konntrationen (von 1:10 bis 1:10000). Das Gewicht der Rübenstücke bzw. cheiben war 0,5 g. Die Versuchsdauer betrug drei Tage (Versuche vom . 10. 22) und sechs Tage (Versuche vom 1. 11. 22).

Ergebnis: Nach dem Grad der Verfärbung der die Rübenscheiben ngebenden Flüssigkeit und der Scheiben selbst zu urteilen, schienen onzentrationen von 1:100 ab unschädlich. Pyridin in einer Konzenution von 1 : 10 angewandt, entzog innerhalb kurzer Zeit dem Gewebe n ganzen Farbstoff und nahm selbst eine dunkelbraune Färbung an. e Versuche vom 1. 11. 22 ließen, da die Rübenstücke nicht genügend sgewaschen waren, ein eindeutiges Resultat nicht erkennen. An Hand n Schnitten stellte sich jedoch heraus, daß Konzentrationen von 1:100 die Färbung des Gewebes nicht verändert hatten.

### *Zur Veränderung des im Zellsaft der roten Rüben enthaltenen Farbstoffs durch verschiedene Chemikalien.*

Was die Veränderung des in dem Zellsaft der Rübenstücke enthaltenen ten Farbstoffes (Anthozyane) durch die verschiedenen Stoffe betrifft, so urde hierauf schon hingewiesen und kurz darüber berichtet (vgl. auch e Mitteilungen von Fitting, 1917 Lehrbuch der Botanik für Hochhulen). Um nun über die Beeinflussung der in den Pflanzen vorhandenen urbstoffe durch Chemikalien unterrichtet zu sein, wurden einige dieszügliche Versuche angestellt. Die Versuchsanordnung war wie folgt: s wurde ein wässeriger Farbauszug aus roten Rüben auf die Weise herstellt, daß letztere mit Hilfe einer Fleischzerkleinerungsmaschine zerietscht und mitsamt dem erhaltenen Safte in das Wasser eingetragen urden. Das Ganze wurde filtriert und alsdann zum Ansetzen der Lösungen w. benutzt. Hierbei wurde wie folgt verfahren. In je ein Reagenzglas men 10 ccm des roten Farbstoffauszuges, denen 1 ccm einer solchen erdünnung bzw. Lösung eines Stoffes zugefügt wurde, daß letzten Endes e 11 ccm Flüssigkeit eine bestimmte Menge des zu prüfenden Präparates ithielten und somit die gewünschte Konzentration darstellten.

Beispiel: 10 ccm Farbstoffauszug + 1 ccm Schwefelsäure 1:1818 = ccm Flüssigkeit enthaltend 0,00055 ccm Schwefelsäure; Konzentration r Flüssigkeit also 1:20000. Zwecks Herstellung einer Gesamtkonzentration n 1:10 Kaliumchlorid und 1:5 Natriumchlorid wurden in 9 ccm des Farboffauszuges 1 g Kaliumchlorid bzw. in 8 ccm 2 g Natriumchlorid aufgelöst. ie so hergestellten Lösungen und Verdünnungen wurden 7 Tage in bezug uf die Veränderung der Färbung beobachtet und in den ersten Tagen alle Stunden das Ergebnis festgestellt. Was die angewandten Konzenationen betrifft, so wurden in erster Linie solche hergestellt, die, nach

den vorbeschriebenen Versuchen zu urteilen, als unschädlich gelten konnten. Um die Art der Farbveränderung des Farbstoffextraktes zu studieren, wurden außerdem auch stärkere Konzentrationen angesetzt. Bei der Prüfung diente ein mit unbehandeltem Farbstoffauszug angefülltes Reagenzglas als Kontrolle.

Die Tatsache, daß die Lösungen und Verdünnungen, die eine starke Veränderung des Farbstoffes bewirkten, unter Anwendung der vorbeschriebenen Prüfungsmethode keine solche Wirkung hervorbrachten, ist wohl darauf zurückzuführen, daß die in den Rübenstücken enthaltene Farbstoffmenge im Vergleich zu den angewandten Chemikalien zu groß war. Da nun bei den hier angestellten Versuchen den Lösungen mindestens zehnfach mit Wasser verdünnter roter Farbstoffextrakt ausgesetzt wurde, also eine weit geringere Menge Farbstoff als bei den vorerwähnten Versuchen vorhanden war, so erfolgte hier der Umschlag schneller und auch in solchen Fällen, wo zuvor eine Farbänderung nicht festgestellt wurde.

Das Ergebnis war wie folgt (vgl. Tabelle Nr. I):

Veränderungen des roten Farbstoffs traten auf bei:

1. Ätznatron 1:5000, 1:10000 und 1:20000 (grün),
2. Aluminiumsulfat 1:400 (wasserklar),
3. Natriumchlorid 1:5 (fast wasserklar mit rosa Einschlag),
4. Kupfersulfat 1:10000 und 1:20000 (trüb, hellgrün),
5. Kupferacetat + Ammoniak 1:10000 (hellgrün),
6. Zinkacetat 1:5000 (trüb, bleifarben),
7. Quecksilberbichlorid 1:5000 (hell, gelbgrün),
8. Phenol 1:1000 (trüb, dunkelgrün),
9. Pyridin 1:1000 (hellgrün).

Ohne merklichen Einfluß auf den roten Farbstoff waren:

1. Schwefelsäure 1:20000,
2. Salzsäure 1:10000,
3. Salpetersäure 1:10000,
4. Magnesiumsulfat 1:100,
5. Baryumchlorid 1:5000,
6. Kaliumchlorid 1:10,
7. Kupfersulfat 1:40000,
8. Alkohol abs. 1:5000,
9. Ameisensäure 50% 1:5000,
10. Chloralhydrat 1:1000,
11. Eisessig 1:10000.

Das Gesamtergebnis der nach der ersten Methode angestellten Versuche war demnach wie folgt:

| Präparat | Konzentrationen, die gerade noch unschädlich zu sein scheinen (Grenzkonzentrationen) | | Einfluß auf den Farbstoff der roten Rüben |
|---|---|---|---|
| | Feststellung auf Grund der Farbintensität der die Rübenstücke umgebenden Flüssigkeit | Feststellung auf Grund der Färbung der Rübenstücke selbst | |
| Schwefelsäure | 1 : 20000 | 1 : 20000 | 1 : 20000 ohne Einfluß |
| Salzsäure | 1 : 5000 | 1 : 5000 | 1 : 10000 ohne Einfluß |
| Salpetersäure | 1 : 5000 | 1 : 10000 | 1 : 10000 ohne Einfluß |
| Ätznatron | 1 : 1000 | zwischen 1 : 1000 und 1 : 5000 | bis 1 : 20000 [1]) inklusive Veränderung des Farbstoffs (grün) |
| Aluminiumsulfat | 1 : 200 | 1 : 400 | bis 1 : 400 [1]) inklusive Veränderung des Farbstoffs (wasserklar) |
| Magnesiumsulfat | — | 1 : 100 | 1 : 100 ohne Einfluß |
| Baryumchlorid | 1 : 5000 | 1 : 5000 | 1 : 5000 ohne Einfluß |
| Kaliumchlorid | 1 : 5 | 1 : 10 | 1 : 10 ohne Einfluß |
| Natriumchlorid | 1 : 5 | 1 : 5 | 1 : 5 inklusive Veränderung des Farbstoffs (fast wasserklar) |
| Kupfersulfat | 1 : 10000 | 1 : 10000 | 1 : 40000 ohne Einfluß |
| Kupferacetat + Ammoniak | — | 1 : 1000 | bis 1 : 10000 [1]) inklusive Veränderung des Farbstoffs (hellgrün) |
| Zinkacetat | 1 : 500 | 1 : 500 | bis 1 : 5000 [1]) inklusive Veränderung des Farbstoff (trüb, bleifarben) |
| Quecksilberbichlorid | — | 1 : 5000 | bis 1 : 5000 [1]) inklusive Veränderung des Farbstoffs (hell, gelbgrün) |
| Alkohol abs. | — | 1 : 5000 | 1 : 5000 ohne Einfluß |
| Ameisensäure 50 % | 1 : 5000 | 1 : 5000 | 1 : 5000 ohne Einfluß |
| Chloralhydrat | — | 1 : 1000 | 1 : 1000 ohne Einfluß |
| Eisessig | 1 : 10000 | 1 : 10000 | 1 : 10000 ohne Einfluß |
| Phenol | — | 1 : 1000 | bis 1 : 1000 [1]) inklusive Veränderung des Farbstoff (trüb, dunkelgrün) |
| Pyridin | 1 : 100 | 1 : 100 | bis 1 : 1000 [1]) inklusive Veränderung des Farbstoffs (hellgrün) |

[1]) Diese Konzentration stellt nur die schwächste der geprüften Konzentrationen und nicht die Grenzkonzentration dar.

Prüfung nach der 2. Methode.

Diese Methode bestand darin, daß bewurzelte Pflanzen in die zu prüfenden Flüssigkeiten eingestellt wurden. Sie dürfte insofern besonders geeignet sein, als die Pflanzen eine solche Behandlung nur unter Anwendung absolut unschädlicher Konzentrationen ertragen.

Was die Versuche selbst betrifft, so wurden in feuchtem Sägemehl gezogene Blumenbohnen verwandt, die, nachdem das Wurzelwerk von dem ihm anhaftenden Sägemehl befreit war, in die zu prüfenden Lösungen bzw. Verdünnungen, der bereits bekannten Stoffe eingesetzt wurden. Die jeweils angewandte Flüssigkeitsmenge betrug in den meisten Fällen 500 ccm; einigemale aber 250, 300 und 400 ccm. Eine Speicherung der Stoffe in den Pflanzen und somit auch eine völlige Durchtränkung der Gewebe war, wenn man die Größe der Pflanzen und auch die Versuchsdauer (Aufnahmedauer) in Berücksichtigung zieht, durchaus möglich. Letztere betrug, abgesehen von den Versuchen mit ungünstigem Ausgang, mit zwei Ausnahmen (Eisessig und Pyridin), mindestens 8 Tage. Die angewandten Konzentrationen entsprachen in erster Linie den bei Anwendung der 1. Prüfungsmethode als unschädlich festgestellten. In einigen Fällen wurden auch stärkere Konzentrationen geprüft. Es wurde im übrigen angestrebt jeweils die gerade noch unschädliche Konzentration (Grenzkonzentration) zu ermitteln. Eine Bestimmung der absorbierten Flüssigkeitsmengen und des Gewichtes der Versuchspflanzen fand nicht statt. Als Kontrolle dienten im Wasser eingestellte Pflanzen. Die Temperatur betrug etwa 15—20° C; die Feuchtigkeit war normal und die Beleuchtung gleichartig. Das Ergebnis, das auch aus beigefügter Tabelle (Nr. II) ersichtlich ist, war wie folgt:

Als völlig unschädlich haben sich erwiesen:

| Präparat | Konzentration | Aufnahmedauer Tage |
|---|---|---|
| Schwefelsäure | 1:20000 | 17 |
| Salzsäure | 1:10000 | 8 |
| Salpetersäure | 1:10000 | 8 |
| Ätznatron | 1:500 | 12 |
| Aluminiumsulfat | 1:500 | 11 |
| Magnesiumsulfat | 1:500 | 12 |
| Baryumchlorid | 1:5000 | 17 |
| Natriumchlorid | 1:500 | 10 |
| Kaliumchlorid | 1:100 | 11 |
| Kupfersulfat | 1:5000 | 8 |
| Kupferacetat + Ammoniak | 1:5000[1]) | 8 |
| Zinkacetat | 1:500 | 11 |
| Quecksilberbichlorid | 1:5000 | 17 |
| Alkohol absolut | 1:500 | 9 |
| Ameisensäure 50% | 1:5000 | 12 |
| Chloralhydrat | 1:1000 | 12 |
| Eisessig | 1:10000 | 4 |
| Phenol | 1:5000 | 8 |
| Pyridin | 1:500 | 5 |

[1]) Auf Kupferacetat berechnet.

Interessant war das Auftreten von Reizwirkungen bei Anwendung von Magnesiumsulfat 1:500, Ameisensäure 50 % 1:5000 und Chloralhydrat 1:1000; Wurzelbildung und Wachstum waren in diesen Fällen besonders gut.

### Prüfung nach der 3. Methode.

Diese Methode ist bereits auf Seite 75 und 80 beschrieben. Sie besteht darin, daß abgeschnittene Zweige oder Stengel in die zu prüfenden Lösungen eingestellt werden. Das Gewicht der Zweige usw., wie auch die Menge der absorbierten Flüssigkeit wurde hierbei mit Ausnahme der Versuche zweier Versuchsserien (II. und III.), die im besten Falle als Tastversuche gelten können, stets bestimmt. Bei Anwendung kleiner Objekte wurde hierzu eine besondere Apparatur benutzt (auf S. 76 beschrieben); bei Verwendung größerer Objekte, wie Zweige, genügte ein Einstellen derselben in graduierte Meßzylinder. Das Verhältnis zwischen der Menge der aufgenommenen Flüssigkeit und dem Gewicht des Testobjektes (Zweig usw.) wurde alsdann ebenfalls ermittelt, und somit der Grad der Durchtränkung festgestellt. Als unschädlich galt nur die Lösung bzw. Verdünnung eines Stoffes, die bei völliger Durchtränkung des Zweiges (Volumen der aufgenommenen Lösung = mindestens 75 % des Frischgewichtes des Zweiges usw. 1 ccm = 1 g) keinen schädigenden Einfluß ausübte.

### I. Versuchsserie.

Zur Anwendung kamen die bereits bekannten Stoffe in verschiedenen Konzentrationen. Als Testobjekte dienten kleine Stengel von *Tradescantia* von 0,5 bis 2,9 g Gewicht. Die Versuchsdauer variierte zwischen 5 und 14 Tagen. Die Temperatur betrug im Durchschnitt 16 - 18° C. Die Feuchtigkeit war normal und die Beleuchtung durchaus gleichartig. Als Kontrolle dienten in Wasser eingestellte Triebe. Eine Nachbehandlung und Beobachtung nach der Behandlung durch Einstellen der Triebe in Wasser oder eine Nährlösung fand nicht statt.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. III): Trotz der zum Teil sehr langen Versuchsdauer wurde nur in vereinzelten Fällen eine völlige Durchtränkung der Versuchspflanzen erreicht. Auch bei diesen Versuchen stellte sich heraus, daß *Tradescantia* ein durchaus untaugliches Objekt ist; es wurden daher späterhin stets andere Pflanzen gewählt. Was nun die Wirkung der verschiedenen Lösungen betrifft, so waren die Versuche Nr. 4, 5, 8, 10, 12, 14, 15, 22, 24, 27 und 29 positiv, jedoch entsprach unter diesen nur Versuch Nr. 24 (Anwendung von Chloralhydrat 1:1000) den gestellten Anforderungen. Der Grad der Durchtränkung war bei den übrigen Versuchen wie folgt:

| | |
|---|---|
| Versuch Nr. 4 = 63 % | Versuch Nr. 14 = 54 % |
| Versuch Nr. 5 = 18 % | Versuch Nr. 15 = 37 % |
| Versuch Nr. 8 = 71 % | Versuch Nr. 22 = 30 % |
| Versuch Nr. 10 = 28 % | Versuch Nr. 27 = 55 % |
| Versuch Nr. 12 = 47 % | Versuch Nr. 29 = 52 % |

Tabelle Nr 10.

| Nr. | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Std. | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufgenommene Menge Aluminiumsulfat g | Zweiggewicht g | Zweiggewicht : Aluminiumsulfat | Temperatur im Durchschnitt Grad | Beleuchtung | Wirkung auf die Pflanze *(Fuchsia globosa)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:10 | 6 | 0,1738 | 0,017 | 1,5 | 88,2 : 1 | 15,5 | diffuses Licht | 48 Stunden nach Versuchsbeginn völlig frisch und unbeschädigt. 96 Stunden nach Versuchsbeginn Blätter unverändert frisch. 3. 10. 22 Blätter sehr schwach am Blattrand beschädigt. Blätter an der Triebspitze fallen leicht ab. |
| 2 | 28. 9. 22 | | 1:20 | 6 | 0,35168 | 0,0175 | 2,5 | 143 : 1 | 15,5 | | |
| 3 | 28. 9. 22 | | 1:50 | 6 | 0.7536 | 0,015 | 3,2 | 213 : 1 | 15,5 | | |
| 4 | 28. 9. 22 | | 1:100 | 6 | 0,9295 | 0,009 | 3,4 | 377,7 : 1 | 15,5 | | |
| 5 | 28. 9. 22 | | 1:500 | 6 | 0,333 | 0,00066 | 1,2 | 1818 : 1 | 15,5 | | 96 Stunden nach Versuchsbeginn Blätter unverändert frisch. 3. 10. 22 Keine Schädigung. Blätter noch fest sitzend. |
| 6 | 28. 9. 22 | | 1:1000 | 6 | 0,679 | 0,00068 | 2,3 | 3382 : 1 | 15,5 | | 96 Stunden nach Versuchsbeginn Blätter unverändert frisch. 3. 10. 22 Keine Schädigungen. Blätter an den Triebspitzen fallen leicht ab. |
| 7 | 28. 9. 22 | | 1:5000 | 6 | 1,1 | 0,00022 | 3 | 13636 : 1 | 15,5 | | 96 Stunden nach Versuchsbeginn kleine Blättchen gelb. 3. 10. 22 keine Schädigungen. Blätter noch fest sitzend. |
| 8 | 28. 9. 22 | | 1:10000 | 6 | 1,63 | 0,000163 | 3,7 | 22699 : 1 | 15,5 | | 96 Stunden nach Versuchsbeginn kleine und große Blätter gelb. 3. 10. 22 keine Schädigungen. Blätter an der Triebspitze fallen z. T. leicht ab. |
| 9 | 28. 9. 22 | Wasser | — | 6 | 0,716 | — | 2 | — | 15,5 | | 96 Stunden nach Versuchsbeginn kleine und große Blätter gelb. 3. 10. 22 Blätter an der Triebspitze fallen z. T. leicht ab. |

Tabelle 11.

| Nr. | Datum | Präparat | Konzentration | Dauer der Aufnahme Std. | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufgenommene Menge Aluminiumsulfat g | Zweiggewicht g | Zweiggewicht : Aluminiumsulfat | Temperatur im Durchschnitt Grad | Beleuchtung | Wirkung auf die Pflanze |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 29. 9. 22 | Aluminiumsulfat | 1:10 | 24 | 1,44 | 0,144 | 4,3 | 29,8 : 1 | 15—16 | diffuses Licht | 30. 9. 22 Blätter bereits während des Versuches schlaff. 2. 9. 22 Blätter sehr stark beschädigt, z. T. dürr, Blätter fallen z. T. leicht ab. |
| 2 | 29. 9. 22 | | 1:20 | 24 | 2,235 | 0,118 | 4,7 | 42,3 : 1 | | | 30. 9. 22 einige Blätter welk. 2. 10. 22 Blätter sehr stark beschädigt, z. T. dürr. Blätter fallen z. T. leicht ab. |
| 3 | 29. 9. 22 | | 1:50 | 24 | 4,07 | 0,082 | 5,4 | 66,3 : 1 | | | 30. 9. 22 einige Blätter kaum merklich verändert. 2. 10. 22 Blätter stark beschädigt, fallen z. T. leicht ab. |
| 4 | 29. 9. 22 | | 1:100 | 24 | 4,2 | 0,042 | 5,2 | 123,8 : 1 | | | 30. 9. 22 Blätter unbeschädigt. 2. 10. 22 Blätter z. T. mit einigen stark beschädigten Stellen, fallen z. T. leicht ab. |

Negativ waren die Versuche Nr. 11, 13 und 17; bei den übrigen waren die Resultate nicht eindeutig.

II. Versuchsserie (Tastversuche).

Zur Anwendung kamen hier zwölf der zu prüfenden Präparate, und zwar in solchen Konzentrationen bzw. Verdünnungen, die, nach den bisherigen Versuchen zu urteilen, als unschädlich gelten konnten. Die Menge der angewandten Flüssigkeiten betrug jeweils 500 ccm. Als Testobjekte dienten Fliederzweige; diese standen 5 Tage lang (vor Beginn des Versuches) in v. Crone'scher Nährlösung. Die Zweige wurden nicht gewogen und auch die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit nicht bestimmt. Als Kontrolle dienten in Wasser eingestellte Zweige. Die Versuchsdauer betrug 10 Tage. Eine Nachbehandlung (Einstellen in Wasser usw.) bzw. eine weitere Beobachtung fand nicht statt. Temperatur = Zimmertemperatur; Feuchtigkeit normal; Beleuchtung gleichartig (diffuses Licht).

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. IV): Im Vergleich zur Kontrolle zeigten zahlreiche Zweige ein besseres Aussehen; manche verhielten sich wie die Kontrollzweige, manche waren aber auch schlechter. Letztere zeigten wie alle anderen, mit Ausnahme von Versuch Nr. 8 (Zinkacetat 1:500), bis zum 4. Versuchstage gegenüber der Kontrolle Wachstum. Es ist hier, wenn man die Versuchsdauer in Berücksichtigung zieht, nicht ausgeschlossen, daß die beschädigten Zweige mehr von den Flüssigkeiten aufgenommen hatten als zu deren völligen Durchtränkung nötig war (Speicherung der Stoffe?). Der Umstand, daß es bei diesen Versuchen unterlassen wurde, das Gewicht der Zweige und die von denselben absorbierten Flüssigkeitsmengen zu bestimmen, läßt eine endgültige Beurteilung nicht zu.

III. Versuchsserie (Tastversuche).

Zur Anwendung kamen hier sieben der zu prüfenden Präparate, und zwar ebenfalls in solchen Konzentrationen bzw. Verdünnungen, die nach den bisherigen Versuchen zu urteilen als unschädlich gelten konnten. Die Flüssigkeitsmenge betrug jeweils 500 ccm. Als Testobjekte dienten Fliederzweige; dieselben standen einige Zeit vor Versuchsbeginn in v. Crone'scher Nährlösung. Die Zweige wurden nicht gewogen, und auch die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit nicht bestimmt. Zur Kontrolle dienten in Wasser und Nährlösung eingestellte Zweige. Die Versuchsdauer betrug 10 Tage; eine Nachbehandlung durch Einstellen der Zweige in Wasser usw. fand nicht statt. Temperatur = Zimmertemperatur; Feuchtigkeit normal; Beleuchtung gleichartig (diffuses Licht).

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. V): Bis zum 4. Tage hatten alle Zweige ein gleichartiges Aussehen und schienen nicht geschädigt, alsdann wurden einige welk. Am 10. Tage war nur noch der in Kupferacetat + Ammoniak (1:5000) eingestellte Zweig frisch; auch die Kontrollen waren nach dieser Zeit nicht

Tabelle Nr. 12.

| Nr. | Datum | Präparat | Konzentration | Aufgenommene Menge ccm | Nr. des Baumes | Art des Baumes | Umfang des Baumes cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2. 6. 22 | A + 1 % Bo | — | 80 | XIV | Apfel (Hochstamm) | 88 |
| 2 | 2. 6. 22 | E + 1 % Bo | — | 80 | XXI | „ „ | 80 |
| 3 | 2. 6. 22 | E + 1 % Bo | — | 80 | XIII | „ „ | 120 |
| 4 | 31. 5. 22 | A + N + 1 % Bo | — | 15 | IX | „ (Buschbaum) | 30 |
| 5 | 31. 5. 22 | E + N + 1 % Bo | — | 15 | VIII | „ „ | 27 |
| 6 | 31. 5. 22 | E + A + 1 % Bo | — | 15 | VII | „ (Spalier) | 23 |
| 7 | 8. 6. 22 | E + N + A + T + 1 % Bo | — | 17 | XXII | „ „ (Mitteltrieb behandelt) | 20 |
| 8 | 8. 6. 22 | E + N + A + T + 1 % Bo | — | 10 | XXIII | „ (Kordon) | 18 |
| 9 | 8. 6. 22 | E + N + A + T + 1 % Bo | — | 18 | XXIV | „ (Hochstamm) | 13 |
| 10 | 8. 6. 22 | E + N + A + T + 1 % Bo | — | 5 | XXV | Johannisbeere (Hochstamm) | 10 |
| 11 | 31. 5. 22 | A 5x + 1 % Bo | — | 5 | III | Apfel (Spalier) | 24 |
| 12 | 31. 5. 22 | E 5x + 1 % Bo | — | 8 | I | „ (Kordon) | 8 |
| 13 | 31. 5. 22 | E 5x + A 5x + 0,5 % Bo | — | 4 | VI | „ (Spalier) | 21 |
| 14 | 8. 6. 22 | Tabakextrakt | — | 20 | XX | Apfel (Buschbaum, Ast behandelt) | 21 |

| Zahl der Bohrlöcher | Lokalität | Schädling | Wirkung auf die Schädlinge |
|---|---|---|---|
| 3 | Garten Beck | Blutlaus (sehr stark) | Am 16. 6. 22 Blutlausbefall zurückgegangen; am 18. 7. 22 Blutlaus wieder neu aufgetreten. |
| 3 | „ Ludwig | Blutlaus (sehr stark) | Am 18. 7. 22 Blutläuse völlig verschwunden; Kontrollbäume aber ebenfalls frei. |
| 3 | „ „ | Blutlaus (stark) | Am 18. 7. 22 Blutläuse völlig verschwunden; bereits 14 Tage nach der Behandlung war der Befall schon sehr stark zurückgegangen. Kontrollbäume ebenfalls frei von Blutlaus. |
| 1 | „ Pfleger | Blutlaus | Am 10. 6. 22 Befall unverändert. Am 27. 6. 22 Befall stärker; auch Blattläuse sind inzwischen aufgetreten. |
| 1 | „ „ | „ | Am 10. 6. 22 Befall unverändert. Am 27. 6. 22 Befall stärker. |
| 1 | „ „ | Blattläuse | Am 10. 6 22 Befall unverändert. Am 27. 6. 22 Befall zurückgegangen. An den markierten Stellen sind die Blattläuse z. T. verschwunden (abgewandert?). |
| 2 | Schloßgärtnerei Cronberg | Blutlaus | Am 6. 7. 22 waren die Blutläuse an den am Mitteltrieb des Spaliers bezeichneten Stellen völlig verschwunden. Die als Kontrolle unbehandelt gelassenen Seitentriebe (Abzweigungen unterhalb der Einführungsstellen) waren an den markierten Stellen nach wie vor befallen. |
| 1 Zweiwegbohrung | Garten Meixner | „ | Am 6. 7. 22 Befall unverändert. |
| 1 | „ „ | „ | Am 6. 7. 22 alle drei markierten Stellen frei von Blutlaus. |
| 1 | „ „ | Blattläuse | Am 6. 7. 22 Befall unverändert. Das Stämmchen starb nach einiger Zeit infolge der starken Verletzung ab. |
| 1 | „ Pfleger | Blutlaus | Am 10. 6. 22 und 27. 6. 22 Befall unverändert. |
| 1 | „ „ | Blattläuse | Am 10. 6. 22 Befall unverändert. Am 27. 6. 22 Befall etwas zurückgegangen (infolge der Behandlung?). |
| 1 | „ „ | „ | Am 10. 6. 22 Befall unverändert. Am 27. 6. 22 trat noch Blutlaus auf. |
| 1 | Schloßgärtnerei Cronberg | Blutlaus | Am 6. 7. 22 Befall kaum noch vorhanden. Der Baum wies überhaupt nur einen befallenen Ast auf. |

mehr einwandfrei. Da eine Wägung der Zweige und eine Bestimmung der absorbierten Flüssigkeitsmengen unterblieb, kann auch in diesem Falle ein Urteil nicht abgegeben werden.

## IV. Versuchsserie.

Bei den hier zu beschreibenden Versuchen kamen alle zu Beginn des Abschnittes erwähnten Präparate zur Anwendung (vgl. S. 99). Die Konzentrationen wurden auf Grund des Ausgangs der vorbeschriebenen Versuche gewählt. Es wurde versucht, von jedem Stoff möglichst die Konzentration bzw. Verdünnung zu finden, die bei völliger Durchtränkung des Zweiges gerade noch unschädlich ist. Da nun, wie bereits erwähnt, der Wassergehalt einer Pflanze etwa 75 % ihres Frischgewichtes entspricht, so wurde darauf geachtet, daß stets eine entsprechende Flüssigkeitsmenge aufgenommen wurde. Ferner wurde auch die Dauer der Aufnahme in Berücksichtigung gezogen. Zu diesem Zwecke wurden jeweils frisch abgeschnittene Fliederzweige von durchschnittlich 10 g Gewicht in Reagenzgläser eingestellt, die mit entsprechenden Mengen (durchschnittlich 10 ccm) der zu prüfenden Flüssigkeiten angefüllt waren. Zur Kontrolle dienten in Wasser eingestellte Zweige. Zwecks Verhütung einer Verdunstung wurden die Gläser mit Wattepfropfen verschlossen. Nach Aufnahme der vorgeschriebenen Flüssigkeitsmenge wurden die Zweige zwecks weiterer Beobachtung in Wasser (Leitungswasser) eingestellt. Die Dauer des Versuches einschließlich Beobachtungszeit betrug etwa 10 Tage. Die Versuche gleichen Datums wurden unter stets gleichen Verhältnissen vorgenommen.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. VI): Die geprüften Stoffe erwiesen sich in folgenden Konzentrationen unschädlich:

| Präparat | Konzentration | Aufgenommenes Quantum im Vergleich zum Gewichte des Zweiges = % | Aufnahmedauer |
|---|---|---|---|
| Schwefelsäure | 1 : 20000 | 100 | 20 Stunden |
| Salzsäure | 1 : 10000 | 86 | 20 „ |
| Salpetersäure | 1 : 10000 | 100 | 20 „ |
| Ätznatron | 1 : 20000 | 85 | 0 Tage |
| Ätzkali | 1 : 10000 | 100 | 5 „ |
| Aluminiumsulfat | 1 : 1000 | 100 | 5 „ |
| Magnesiumsulfat | 1 : 5000 | 100 | 8 „ |
| Baryumchlorid | 1 : 5000 | 100 | 2 „ |
| Kaliumchlorid | 1 : 1000 | 100 | 0 „ |
| Natriumchlorid | 1 : 1000 | 100 | 8 „ |
| Kupfersulfat | 1 : 5000 | 100 | 40 Stunden |
| Kupferacetat | 1 : 10000 | 87 | 0 Tage |
| Zinkacetat | 1 : 10000 | 100 | 5 „ |
| Quecksilberbichlorid | 1 : 5000 | 100 | 4 „ |
| Alkohol absolut | 1 : 500 | 100 | 5 „ |
| Ameisensäure 50 % | 1 : 10000 | 80 | 2 „ |
| Chloralhydrat | 1 : 1000 | 100 | 5 „ |
| Eisessig | 1 : 10000 | 100 | 5 „ |
| Phenol | 1 : 10000 | 94 | 7 „ |
| Pyridin | 1 : 100 | 100 | 4 „ |

Weiterhin konnte in verschiedenen Fällen eine besonders günstige Wirkung (Reizwirkung?) auf die Pflanzen beobachtet werden (vgl. Versuch Nr. 11, 30, 32). Beachtenswert erscheint, daß sich unter jenen günstig wirkenden Stoffen auch das von Popoff für Stimulationszwecke empfohlene Magnesiumsulfat befand (vgl. auch S. 113).

*Zur Brauchbarkeit der angewandten Methoden.*

Was nun die vorbeschriebenen, unter den verschiedensten Verhältnissen vorgenommenen Versuche betrifft, so war hier in bezug auf die erzielten Resultate von vornherein eine Übereinstimmung nicht zu erwarten. Es fragt sich daher, welche der drei Prüfungsmethoden als die zuverlässigste zu betrachten ist. Gehen wir bei der Beantwortung dieser Frage von dem Gesichtspunkte aus, daß ein sicheres Resultat vor allem von solchen Versuchen zu erwarten ist, die am meisten der Praxis entsprechen, so scheint unter den zur Diskussion stehenden Methoden vor allem die 3. Methode (IV. Versuchsserie) in Betracht zu kommen. Für diese Annahme sprechen folgende Tatsachen:

1. Geschieht die Aufnahme der Stoffe (Lösungen oder Verdünnungen von diversen Stoffen) durch angeschnittene Gefäße, also in der Weise, wie sie praktisch auch bei der Anwendung des inneren Heilverfahrens in Betracht kommt.
2. Kann die Menge der aufgenommenen Flüssigkeit, also auch der in ihr enthaltenen Stoffe, im Verlaufe des Versuches jederzeit genau bestimmt und willkürlich mit dem Gewicht des Versuchszweiges in das gewünschte Verhältnis gebracht werden.
3. Die Methode eignet sich für die meisten Pflanzen. Von baum- und strauchartigen Gewächsen können im übrigen, bevor zu einer definitiven Behandlung geschritten wird, jeweils Zweige zwecks Vornahme einer Vorprüfung entnommen werden.

Wenn wir nun eine Methode besitzen, um die Wirkung von Stoffen auf die Pflanzen zu kontrollieren, so dürfte es doch erwünscht sein, weitere zuverlässige Verfahren zur Hand zu haben, um die mit Hilfe derselben gewonnenen Resultate nachprüfen zu können. Hier kommen nun möglicherweise die Maßnahmen in Betracht, wie sie bei der 2. Methode (Einstellen bewurzelter Pflanzen in die zu prüfenden Flüssigkeiten) getroffen wurden. Durch Einführung folgender Faktoren ergäbe dieselbe präzisere Resultate, und zwar:

1. durch Kontrolle der von der Pflanze jeweils absorbierten Flüssigkeitsmenge (erforderlich ist, daß die aufgenommene Menge mindestens 75% des Frischgewichtes der Versuchspflanze entspricht) und Feststellung des Gewichtes der Pflanze selbst, wodurch jederzeit der Grad der Durchtränkung ermittelt werden kann;
2. durch die Feststellung, ob und in welcher Menge die in der

Tabelle 13.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Aufgenommene bzw. eingeführte Menge ccm | Aufgenommene bzw. eingeführte Menge unverdünnten Präparates | Nr. des Baumes | Art des Baumes | Umfang des Baumes cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 31. 5. 22 | Alaun | 1 : 10 | 5 | 0,5 g | II | Apfel (Spalier) | 24 |
| 2 | 31. 5. 22 | Nicot. muriat. | 1 : 10 | 4 | 0,4 g | V | „ „ | 21 |
| 3 | 3. 6. 22 | Pyridin | 1 : 10 | 56 | 5,6 ccm | XIX | „ (Buschbaum) | 58 |
| 4 | 30. 6. 22 | Chloralhydrat | 1 : 10 | 20 | 2 g | XXVI | Reineclaude (Hochst.) | 85 |
| 5 | 30. 6. 22 | Nr. III (50 % Pyridin enth.) | — | 10 | 5 ccm | XXVII | „ „ | 28 |
| 6 | 27. 6. 22 | „ | — | 2,5 | 1,25 „ | 158 | Apfel (Spalier) | 27 |
| 7 | 27. 6 22 | „ | — | 2 | 1 „ | 154 | „ (Kordon) | 13 |
| 8 | 27. 6. 22 | „ | — | 2,4 | 1,2 „ | III | „ (Spalier) | 24 |
| 9 | 27. 6. 22 | D | — | 2 | 0,1 g | V | „ „ | 21 |
| 10 | 27. 6. 22 | C | — | 2 | 1 ccm | VI | „ „ | 21 |
| 11 | 27. 6. 22 | C | — | 3 | 1,5 „ | VIII | „ (Buschbaum) | 27 |
| 12 | 27. 6. 22 | D | — | 2 | 0,1 g | IX | „ „ | 30 |
| 13 | 30. 6. 22 | Pyridin | 1 : 10 | 10 | 1 ccm | XVI | „ (Spalier) | 18 |
| 14 | 11. 7. 22 | 1 Teil Pyridin<br>2 Teile Alk. abs. | —<br>— | 20<br>40 | 20 „<br>40 „ | 150 | „ (Buschbaum) | 48 |
| 15 | 25. 8. 22 | Pyridin | 1 : 20<br>1 : 10 | 98<br>68 | 4,9 „<br>6,8 „ | 158 | „ (Spalier) | 27 |

| Zahl der Bohrlöcher | Lokalität | Schädling | Wirkung auf die Schädlinge |
|---|---|---|---|
| 1 | Garten Pfleger | Blutlaus, Blattläuse | Am 10 6 22 Blutlaus verschwunden. Am 27. 6. 22 Befall wieder stark. |
| 1 | „ „ | Blattläuse | Am 10. 6. 22 und 27. 6. 22 Befall unverändert. |
| 4 | Schloßgärtnerei Cronberg | Blutlaus (sehr stark) | Am 6. 7. 22 alle 8 markierten Stellen völlig frei von Blutlaus. Auf dem ganzen Baum kein Neubefall. |
| 3 | Garten Pfleger | Blattläuse (sehr stark) | Am 7. 7. 22 Befall noch unverändert. Am 21. 8. 22 keine einzige Blattlaus mehr vorhanden (wohl von selbst abgewandert). |
| 2 | „ „ | Blattläuse (sehr stark) | Am 7. 7. 22 Befall noch unverändert. Am 21. 8. 22 keine einzige Blattlaus mehr vorhanden (wohl von selbst abgewandert). |
| 1 | „ „ | Blutlaus, Blattläuse | Am 7. 7. 22 sehr stark befallen. Am 21 8. 22 Befall mit Blutlaus so stark, daß der Baum wie beschneit aussieht |
| 1 | „ „ | Blutlaus | Am 7. 7. 22 Befall noch unverändert. Am 21. 8. 22 starker Blutlausbefall an den jungen Trieben. |
| 1 | „ „ | „ | Am 7 7. 22 Befall noch unverändert. Am 21. 8. 22 sehr starker Blut- und Blattlausbefall. |
| 1 | „ „ | Blattläuse | Am 7. 7 22 Befall bedeutend stärker. Am 21. 8. 22 starker Blattlausbefall. |
| 1 | „ „ | Blutlaus, Blattläuse | Am 21. 8. 22 starker Blutlausbefall. |
| 1 | „ „ | Blutlaus | Am 7. 7 22 Blatt- u Blutlaus vorhanden. Am 21. 8. 22 bezeichnete Stellen noch befallen. Der Befall hat außerdem noch zugenommen. |
| 1 | „ „ | Blutlaus, Blattläuse | Am 7. 7. 22 Befall unverändert. Am 21. 8. 22 Befall schwach; markierte Stellen je mit einigen lebenden Blutläusen. |
| 3 | „ „ | Blutlaus | Am 7 7. 22 Befall unverändert. Am 21. 8 22 markierte Stellen blutlausfrei. |
| 6 | „ Heerdt | Blutlaus (sehr stark) | 30—40 markierte Stellen fast täglich kontrolliert. Am 27. 7. 22 bereits einige derselben blutlausfrei. Am 8. 8. 22 sind mindestens 20 Stellen frei. Am 14. 8. 22 alle bezeichneten Stellen frei von Blutlaus. Befall jedoch neu an frischen grünen Trieben. |
| 8 | „ Pfleger | Blutlaus (massenhaft) | Zuerst wurde das Gemisch. 1:10, dann das 1:20 gegeben. Es wurde nur die linke Seite des Spaliers behandelt. Am 18. 9. 22 noch nicht die geringste Wirkung feststellbar (wiederholt behandelt, vgl. Versuch Nr. 6). |

Flüssigkeit enthaltenen Stoffe durch die Wurzel aufgenommen werden und in das Innere der Versuchspflanzen gelangten.

In bezug auf Punkt 2 ist zu sagen, daß eine diesbezügliche Ermittelung durch Nachprüfung des Konzentrationsgrades der Lösung oder durch eine Analyse der Versuchspflanze erfolgen kann. In letzterem Falle ist es natürlich Bedingung, daß der aufzunehmende Stoff im Inneren des pflanzlichen Organismus keinerlei Umwandlungen erfährt, die seine Feststellung unmöglich machen. Die Methode ist im übrigen auch geeignet, Aufschluß über die Permeabilität der Zellwand und des Protoplasten für den prüfenden Stoff zu geben.

Was die Nachprüfung mit Hilfe der 1. Methode (Einlegen von roten Rüben in die zu prüfenden Flüssigkeiten) betrifft, so glaube ich dieselbe wegen des häufigen Versagens, insbesondere bei Anwendung solcher Stoffe, die eine Veränderung des roten Farbstoffes hervorrufen (vgl. S. 110), als ungeeignet bezeichnen zu müssen. Für eine Vorprüfung jedoch (also lediglich, um gewisse Anhaltspunkte zu bekommen) mag die Methode allenfalls in Betracht kommen, wennschon es zweckmäßig erscheint (gilt auch für die 2. Methode), von vornherein die Wirkung auf die für eine Behandlung in Frage kommende Pflanzenart durch Einstellen abgeschnittener Zweige derselben in die anzuwendende Flüssigkeit (Lösung bzw. Verdünnung irgendeines Stoffes) festzustellen. Aber auch hier ist zu bemerken, daß im Laboratorium stets andere Verhältnisse als im Freien herrschen, abgesehen davon, daß in bezug auf die Art der Applikation gewisse Unterschiede bestehen[1].)

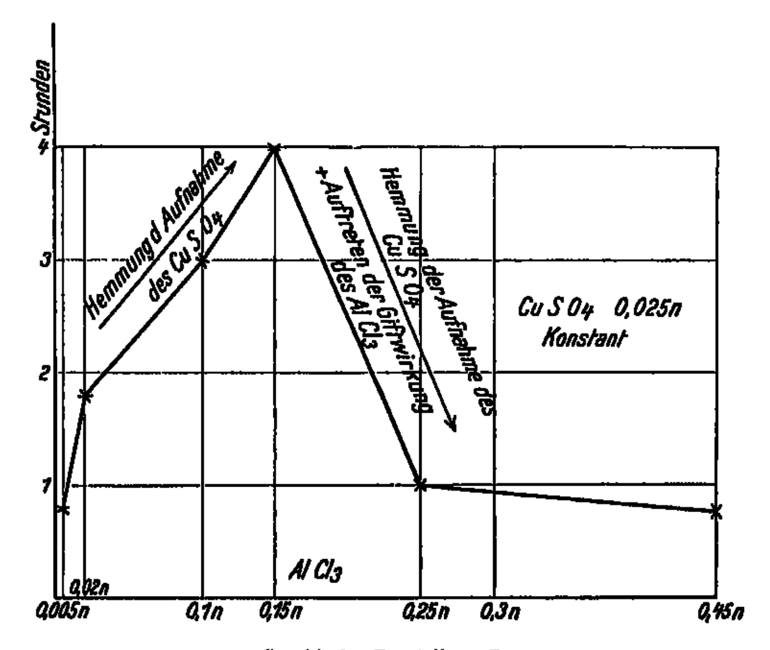
*b) Versuche mit Gemischen von Lösungen (balanzierten Lösungen).*

Weiterhin wurden, von der Erwägung ausgehend, daß es von Vorteil sein würde, auch stärkere Konzentrationen als die bisher als unschädlich ermittelten (vgl. S. 118) verwenden zu können (hierdurch würde sich unter

[1]) Beim Einstellen eines abgeschnittenen Zweiges in eine für die Aufnahme geeignete Lösung bzw. Verdünnung eines Stoffes steigt die Flüssigkeit in allen leitfähigen Gefäßen desselben in die Höhe. Eine Konzentrationsveränderung jener Flüssigkeit durch ein Vermischen mit in anderen Gefäßen gleichzeitig aufsteigenden Säften kommt hier nicht in Betracht. Einer gleichmäßigen Verteilung des gelösten Stoffes in der Pflanze (Zweig) steht in diesem Falle wohl nichts im Wege. Ganz anders verhält es sich aber bei der Absorption von Flüssigkeiten durch Bäume, die durch Bohrlöcher, Einschnitte in den Stamm oder Wurzelstümpfe erfolgt. In diesen Fällen erfüllt die Flüssigkeit nur einen Bruchteil der Gefäße (nur die angeschnittenen Gefäße), dieweil gleichzeitig in den anderen Gefäßen der Wassertransport in unveränderter Weise vor sich geht. Beim Eindringen der künstlich dem Baum einverleibten Flüssigkeit in benachbarte Gefäße wird nun ohne Zweifel eine Durchmischung beider Flüssigkeiten stattfinden, was in bezug auf die aufzunehmende Flüssigkeit zunächst eine Konzentrationsveränderung (meist Konzentrationserniedrigung) derselben zur Folge hat. Erst nach Aufnahme eines solchen Quantums, das zur völligen Durchtränkung des Baumes usw. ausreicht, wird hier unter Umständen eine gleichmäßige Verteilung des in der absorbierten Flüssigkeit gelösten Stoffes in demselben stattfinden.

anderen der Index c/t erheblich günstiger gestalten), entsprechende Versuche angestellt. Diese basieren auf Feststellungen von Szücs (1913), die besagen, daß giftige Stoffe durch bestimmte, gleichzeitig gebotene ungiftige Stoffe „entgiftet" werden können, weil letztere die giftigen Stoffe am Eindringen in die Zellen hindern.

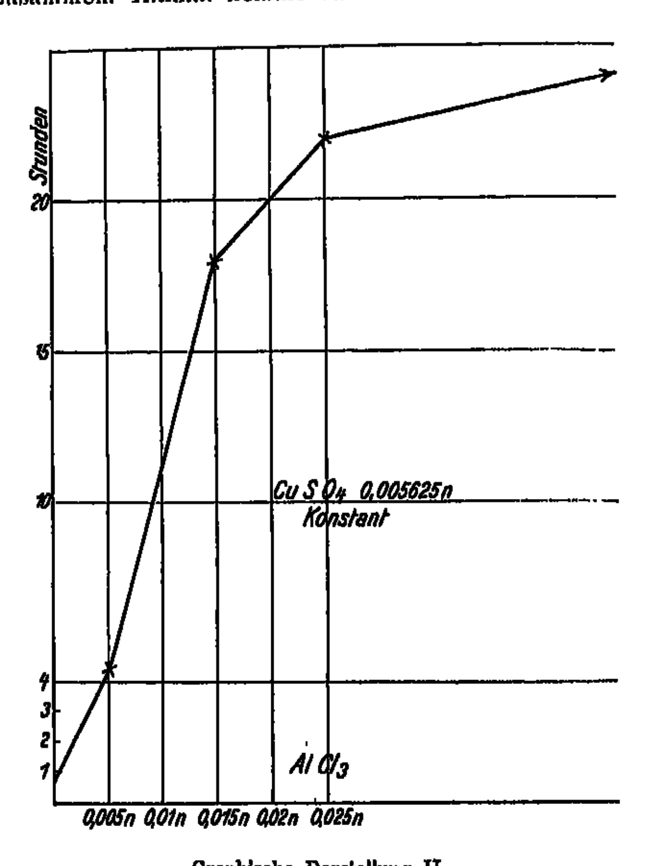
Was nun die Untersuchungen von Szücs betrifft, so arbeitete derselbe u. a. mit Lösungen von Aluminiumchlorid und Kupfersulfat. Er benutzte als Indikator für die Giftwirkung das Ausbleiben der geotropischen Reaktion bei Hypokotyl und Keimwurzel von *Cucurbita pepo*. Szücs verfuhr dabei in der Weise, daß er die Keimlinge bis zum untersten Drittel der Kotyledonen mit der zu prüfenden Lösung in Berührung brachte. Nach einer bestimmten Einwirkungszeit wurden die Keimlinge mit destilliertem Wasser wiederholt abgespült, mit Filtrierpapier äußerlich getrocknet und die Kotyledonen mit feuchter Watte umbunden. Alsdann wurden sie in horizontaler Lage auf eine Stecknadel gespießt und unter eine Glasglocke in dampfgesättigte Luft gebracht. Nach 24 Stunden wurde die ausgebliebene bzw. eingetretene geotropische Reaktion beobachtet. Zu jedem Versuch wurden zirka 15 Pflänzchen mit womöglich gleichlangen Wurzeln verwandt. Die Versuche selbst wurden in einer kleinen Dunkelkammer durchgeführt.




Graphische Darstellung I.

**Die „Entgiftung" des Kupfersulfats durch Aluminiumchlorid. Konstante Konzentration (0,025 n) Kupfersulfat + verschiedene auf der Abszisse aufgetragene Konzentrationen Aluminiumchlorid. Die Ordinate bezeichnet die Wirkungszeit, bei der 70% der Hypokotyle auf die Schwerkraft schon nicht mehr reagierten (nach Szücs).**

Zunächst prüfte Szücs jede der in Betracht kommenden Lösungen besonders. Er stellte hierbei fest, daß eine 0,5 n Aluminiumchloridlösung weniger giftig ist als eine 0,01125 n Kupfersulfatlösung. In bezug auf die Ermittelung des Grades der „Entgiftung" des Kupfersulfates durch Aluminiumchlorid hat Szücs zuerst konstante Konzentrationen (0,025 n) Kupfersulfat und wechselnde Konzentrationen Aluminiumchlorid angewandt. Er kam zu dem Resultat, daß mit zunehmender Konzentration des Aluminiumchlorids das Kupfersulfat in steigendem Maße „entgiftet" wird. Die maximale Entgiftung trat bei dem Konzentrationsverhältnis $\frac{0{,}025 \text{ n Kupfersulfat}}{0{,}15 \text{ n Aluminiumchlorid}}$ ein; sie nahm alsdann ab, und schließlich wirkte das Lösungsgemisch giftiger als Kupfersulfat allein. Szücs erklärt diese Tatsache wie folgt: Die Al-Ionenwirkung in Gegenwart des Cu-Ions setzt sich aus zwei Faktoren zusammen. Einmal hemmt das Al-Ion die Aufnahme des Kupfer-




Graphische Darstellung II.
Die „Entgiftung" des Kupfersulfats durch Aluminiumchlorid. Konstante Konzentration von Kupfersulfat (0,005625 n) + verschiedene auf der Abszisse aufgetragene Konzentrationen des Aluminiumchlorids. Die Ordinate entspricht der Wirkungszeit, bei der 70% der Hypokotyle auf die Schwerkraft nicht mehr reagierten (nach Szücs).

sulfats; es sollte daher in dem Maße, wie die Aufnahmegeschwindigkeit des Kupfersulfats herabgesetzt wird, auch die Entgiftungsgröße zunehmen. Dies ist nun nicht der Fall, und zwar, weil das Al-Ion eine eigene Giftwirkung besitzt. Es tritt hier vielmehr die Resultante der Entgiftung + Giftwirkung zutage (vgl. graphische Darstellung I). Schwache Konzentrationen des Aluminiumchlorids hemmen verhältnismäßig am stärksten die Aufnahme des Kupfersulfats. Bei kurzer Einwirkungsdauer besitzen sie aber selber noch keine Giftwirkung. In schwachen Konzentrationen ist also der „entgiftende" Faktor verhältnismäßig am größten, der giftige dagegen am kleinsten. Bei höheren Konzentrationen des Aluminiumchlorids nimmt hingegen die die Aufnahme des Kupfersulfats hemmende Wirkung nur sehr langsam zu, dagegen erreicht die eigene Giftwirkung des Aluminiumchlorids praktisch ihren maximalen Wert.

Um die gewonnenen Resultate bei längerer Versuchsdauer zu kontrollieren, hat Szücs schwächere Konzentrationen des Kupfersulfats zur Untersuchung verwandt (vgl. graphische Darstellung II). Er stellte fest, daß man bei schwachen Konzentrationen des Kupfersulfats weniger Aluminiumchlorid anzuwenden braucht, um die gleichen Entgiftungseffekte zu erzielen als bei stärkeren Konzentrationen. Bei Aluminiumchlorid 0,02 n + Kupfersulfat 0,0056 n trat eine Giftwirkung erst nach 20 Stunden auf; bei Aluminiumchlorid 0,02 n + Kupfersulfat 0,025 n bereits nach $1^3/_4$ Stunde (vgl. graphische Darstellung I und II). Schwächere Konzentrationen (0,005 n) des Aluminiumchlorids wirkten auch verhältnismäßig schwächer „entgiftend" als mittlere (0,01–0,015 n); dagegen hatten noch höhere Konzentrationen in der Nähe der optimalen Entgiftungszone nur mehr einen schwach zunehmenden Entgiftungseffekt. Diese Tatsachen scheinen nun in Widerspruch mit den mitgeteilten Resultaten zu stehen. Szücs deutet die Sache jedoch so, daß mit anwachsendem Konzentrationsverhältnis $\frac{Al}{Cu}$ die Cu-Aufnahme hemmende Wirkung des Al nicht nur absolut, sondern auch relativ zunimmt. Bei den Versuchen kam dies nicht zum Ausdruck, weil in dem untersuchten Konzentrationsgebiete die eigene Giftwirkung des Al seine die Aufnahme des Cu hemmende Wirkung zum Teil kompensierte. Im vorliegenden Falle war zwischen den Konzentrationsgrenzen 0,025–0,15 n des Al seine „entgiftende" Wirkung relativ kleiner als bei 0,005–0,025 n, und zwar darum, weil bei letzteren Konzentrationen die „Entgiftung" annähernd als Maßstab für die Aufnahme hemmende Wirkung betrachtet werden kann. In der nächsten Zone (0,025—0,15 n) kommt dagegen die Giftwirkung des Aluminiumchlorids in Betracht; die „Entgiftung" muß daher abnehmen. Szücs hat nun, um die Richtigkeit dieser Vorstellung zu prüfen, wechselnde Konzentrationen von Kupfersulfat + konstante Konzentrationen von Aluminiumchlorid angewandt. Er nahm an, daß auf diese Weise der Einfluß der eigenen Giftwirkung des Al aus-

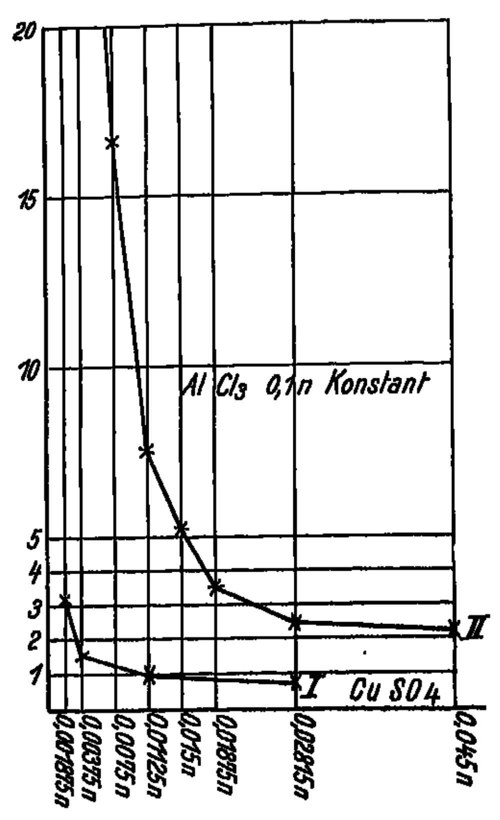
Tabelle I.

| Nummer | Präparat | Mit Hilfe der Farblösung hergestellte Konzentration | Ergebnis sofort nach Beginn des Versuches | Ergebnis nach einem Tag |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Schwefelsäure | 1 : 20000 | Keine Veränderung | Lösung zeigt einen blauen Einschlag |
| 2 | Salzsäure | 1 : 10000 | " " | Lösung zeigt einen blauen Einschlag |
| 3 | Salpetersäure | 1 : 10000 | " " | Lösung bedeutend heller (kräftig rosa) |
| 4 | Ätznatron | 1 : 5000 | Lösung wird hellgrün | hellgrün |
| 5 | " | 1 : 10000 | Lösung verändert sich nicht so stark | trüb, grün mit rosa Einschlag |
| 6 | " | 1 : 20000 | Lösung verändert sich kaum | trüb, grün mit rosa Einschlag aber etwas dunkler |
| 7 | Aluminiumsulfat | 1 : 400 | Keine Veränderung | bedeutend heller (rosa) |
| 8 | Magnesiumsulfat | 1 : 100 | " " | um eine Spur heller |
| 9 | Baryumchlorid | 1 : 5000 | " " | um eine Spur heller mit blauem Einschlag |
| 10 | Kaliumchlorid | 1 : 10 | " " | um eine Spur heller mit blauem Einschlag |
| 11 | Natriumchlorid | 1 : 5 | " " | um eine Spur heller mit blauem Einschlag |
| 12 | Kupfersulfat | 1 : 10000 | Lösung wird hellbraunrot | trüb, hellgrün |
| 13 | " | 1 : 20000 | " " braunrot | trüb, hellgrün, aber etwas dunkler als bei 1 : 10000 (durch Einschlag n. rot) |
| 14 | " | 1 : 40000 | " " rot-braunrot | hell, braunrot |
| 15 | Kupferacetat + Ammoniak | 1 : 10000[1] | " " hellbraunrot | trüb, hellgrün |
| 16 | Zinkacetat | 1 : 5000 | Keine Veränderung | hell, lachsfarben |
| 17 | Quecksilberbichlorid | 1 : 5000 | " " | hellgrau, trüb |
| 18 | Alkohol absolut | 1 : 5000 | " " | etwas heller, mit blauem Einschlag |
| 19 | Ameisensäure 50 % | 1 : 5000 | " " | unverändert, nur blauer Einschlag |
| 20 | Chloralhydrat | 1 : 1000 | " " | unverändert, mit schwachem blauem Einschlag |
| 21 | Eisessig | 1 : 10000 | " " | unverändert, mit schwachem blauem Einschlag |
| 22 | Phenol | 1 : 1000 | " " | trüb, dunkelgrün |
| 23 | Pyridin | 1 : 1000 | " " | trüb, hellgrün |
| 24 | Wasser | — | " " | unverändert |

[1]) Auf Kupferacetat berechnet.

| Ergebnis nach zwei Tagen | Ergebnis nach vier Tagen | Ergebnis nach sieben Tagen |
|---|---|---|
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | hellila (etwas n. rot), Flockenbildung | rosa, m. blauem Einschlag |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | hellila (etwas n. rot), Flockenbildung | rosa, m. blauem Einschlag |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung aber mit braunem flockigem Satz, der beim Schütteln verschwindet | Bodensatz braun, kleine Flocken, n. Schütteln hellila (rosa+etwas blau) | unverändert |
| hellgrün, mit flockigem bräunlichem Satz, dieser verschwindet beim Schütteln | hellgrün, mit braunem Satz; Satz verschwindet nach dem Schütteln | unverändert |
| trüb, hellgrün | trüb, hellgrün | unverändert |
| trüb, grün, mit Einschlag nach hellbraun | trüb, bräunlich (sehr hell), Flocken | unverändert |
| rosa, mit dunklem flockigem Satz. Beim Schütteln verschwindet dieser; die Lsg. wird braunrosa | wasserklar, m. rosa Schimmer, dunkl. flockiger Bodensatz. Letzterer verschwindet beim Schütteln. Lösung alsdann, trüb, hellgrau-braun | wasserklar, ohne rosa Schimmer |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung aber m. schwarzen, feinen Teilchen an der Oberfläche; diese verschwinden beim Schütteln | Lösung hellrosa. Kleine Flocken Nach Schütteln trüb, rosa. | unverändert |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | rosa, etwas brauner Bodensatz | trüb, rosa, m. blauem Einschlag |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | Lösung oben und unten wasserklar, bräunlicher Ton, in der Mitte rosa. Boden etwas dunkelbrauner Satz. Nach Schütteln trüb, rosa. | trüb, rosa, m. blauem Einschlag |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | Lösung oben und unten wasserklar, bräunlicher Ton, in der Mitte rosa. Boden etwas dunkelbrauner Satz. Nach Schütteln trüb, rosa. | fast wasserklar, mit rosa Einschlag |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, hellgrün | unverändert |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, hellgrün | unverändert |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, hellrosa | unverändert |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, hellgrün | unverändert |
| trüb, hellrosa | trüb, hellbraun | trüb, bleifarben |
| bleifarben | trüb, bleifarben, mit bräunlichem Einschlag | hellgelbgrün, etwas trüb |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, rosa, mit einigen braunen Flocken | unverändert |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, rosa, mit bräunlichem Einschlag | unverändert |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, rosa | unverändert |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, hellrot, mit blauem Einschlag | unverändert |
| tiefdunkelgrün, mit braunem Einschlag | fast klar, dunkelgrün, mit braunem Einschlag | unverändert |
| wie am 1. Tag n. d. Behandlung | trüb, hellgrün | fast klar, sonst unverändert |
| unverändert | trüb, rosa, mit braunen Flocken | trüb, hellrosa, m. braunen Flocken |

geschaltet würde, da ja doch immer die gleiche Konzentration des Aluminiumchlorids die Wurzeln der Keimpflänzchen benetzte. Weiterhin vermutet Szücs, daß, wenn auch bei Gegenwart verschiedener Konzentrationen des Cu die Aufnahme des Al beeinflußt wird, dieser Umstand hier keine allzu große Rolle spielen dürfte, da doch eine kleine Änderung in der Aufnahme des Al keinen so großen Ausschlag in der Giftwirkung geben kann, als dies beim Cu der Fall war (vgl. graphische Darstellung III).




Graphische Darstellung III.
Die „Entgiftung" des Kupfersulfats durch Aluminiumchlorid. Die mit I bezeichnete Kurve ist die Giftwirkungskurve des Kupfersulfats allein; die Abszisse ist dabei die Konzentration des Kupfersulfats, die Ordinate die Wirkungszeit, bei der 70% der Hypokotyle auf die Schwerkraft nicht mehr reagierten. Kurve II gibt die kombinierte Wirkung konstanter Konzentrationen des Aluminiumchlorids + verschiedene auf der Abszisse aufgetragene Konzentrationen des Kupfersulfats wieder (nach Szücs).

Auf Grund dieser Versuche von Szücs, deren Ergebnisse es nicht unmöglich erscheinen ließen, daß Pflanzen unter Anwendung von Aluminiumchloridlösungen eine Durchtränkung mit verhältnismäßig starken Kupfersulfatlösungen ohne Schaden ertragen können, wurden, da gerade das Kupfersulfat stark fungizide Eigenschaften aufweist, einige Versuche mit den genannten Stoffen bzw. einem entsprechenden Lösungsgemisch angestellt.

I. Versuch.

Angewandt wurden Lösungen, die bei konstantem Gehalt an Aluminiumchlorid (1 g in 1000 ccm) einen wechselnden Gehalt an Kupfersulfat (0,2; 0,25; 0,5 und 1 g in 1000 cm) aufwiesen. In jene Lösungen wurden frisch abgeschnittene Fliederzweige, deren Gewicht zuvor festgestellt wurde, eingestellt. Die Menge der von den Zweigen aufgenommenen Lösung, wie auch die Dauer der Aufnahme wurden ebenfalls bestimmt. Soweit vor Abschluß des Versuches eine vollständige Aufnahme erfolgt war, wurden die Zweige zwecks weiterer Beobachtung in frisches Wasser gestellt. Zur Kontrolle wurde je ein Zweig in eine Kupfersulfatlösung (1 : 1000) und in Wasser eingestellt. Die Temperatur betrug 16—19° C., die Feuchtigkeit 65—70%. Die Beleuchtung war gleichartig.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. VII): Bereits nach 19 Stunden trat bei einem Zweig die erste Schädigung auf, und zwar bei Anwendung einer Lösung von 1 g Kupfersulfat + 1 g Aluminiumchlorid in 1000 ccm Wasser. Nach 91 Stunden waren sämtliche Zweige sehr stark beschädigt; der in Kupfersulfatlösung (1 : 1000) eingestellte Zweig war nach 91 Stunden, wovon 24 Stunden auf die Aufnahme entfallen, völlig dürr. Der in Wasser eingestellte Zweig (Kontrolle) schien unbeschädigt; er ließ jedoch bei Berührung die Blätter fallen. Was die Art der Schädigung der Blätter durch die absorbierten Stoffe betrifft, so verloren diese ihren Glanz und wurden heller (Einfluß des Aluminiumchlorids). Die Adern wurden braun, ebenso auch das Mesophyll (Einfluß des Kupfersulfats). Es fand nicht in allen Fällen eine völlige Aufnahme der Lösungen statt.

Da dieser Versuch durchweg ein negatives Resultat ergeben hatte, wurde ein weiterer Versuch angestellt, der Aufschluß über die Giftwirkung des Aluminiumchlorids allein geben sollte.

II. Versuch.

Frisch abgeschnittene Fliederzweige, deren Gewicht bestimmt wurde, wurden in verschiedene Lösungen von Aluminiumchlorid (1 : 250 bis 1 : 5000) eingestellt. Die Menge der von den Zweigen aufgenommenen Lösungen, wie auch die Dauer der Aufnahme wurden bestimmt. Soweit im Verlaufe der Versuche eine vollständige Aufnahme (Durchtränkung) erfolgt war, wurden die Zweige zwecks weiterer Beobachtung in frisches Wasser eingestellt. Als Kontrolle diente ein in Wasser eingestellter Zweig. Die Temperatur betrug 15° C, die Feuchtigkeit 55—80%. Die Beleuchtung war gleichartig.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. VIII): Bereits 20 Stunden nach Versuchsbeginn waren sämtliche Zweige, mit Ausnahme des Kontrollzweiges, mehr oder weniger beschädigt. Die Schädigung zeigte sich in der Form, daß die Blätter ihren Glanz verloren und heller wurden. In manchen Fällen schienen die Blätter marmoriert, indem die Äderung und deren nächste

Tabelle II.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Pflanzenart | Temperatur | Feuchtigkeit | Beleuchtung | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5. Dezember 1922 | Schwefelsäure | 1 : 20 000 | Blumenbohne (bewurzelte Pflanzen) | 15—20° (Zimmertemperatur) | normal | diffuses Licht | Nach 6 Tagen stark gewachsen. Nach 17 Tagen unbeschädigt. Wurzelbildung sehr gut. |
| 2 | 31. Oktober 1922 | Salzsäure | 1 : 10 000 | | | | | Nach 8 Tagen Pflanze unbeschädigt, Wurzelwerk gut entwickelt. |
| 3 | 31. Oktober 1922 | Salpetersäure | 1 : 10 000 | | | | | Nach 8 Tagen Pflanze unbeschädigt. Wurzelwerk gut entwickelt. |
| 4 | 5. Dezember 1922 | Ätznatron | 1 : 5000 | | | | | Nach 17 Tagen Pflanze unbeschädigt. |
| 5 | 22. Dezember 1922 | Ätznatron | 1 : 500 | | | | | Nach 12 Tagen Pflanze gewachsen; unbeschädigt. |
| 6 | 26. Oktober 1922 | Aluminiumsulfat | 1 : 500 | | | | | Nach 11 Tagen Pflanze unbeschädigt. Wurzelwerk gut entwickelt. |
| 7 | 5. Dezember 1922 | Magnesiumsulfat | 1 : 100 | | | | | Nach 4 Tagen Pflanze abgestorben. |
| 8 | 22. Dezember 1922 | Magnesiumsulfat | 1 : 500 | | | | | Nach 12 Tagen Pflanze stark gewachsen (Reizwirkung!). |
| 9 | 5. Dezember 1922 | Baryumchlorid | 1 : 5000 | | | | | Nach 17 Tagen Pflanze stark gewachsen (Reizwirkung!). |
| 10 | 22. Dezember 1922 | Baryumchlorid | 1 : 100 | | | | | Nach 5 Tagen Pflanze abgestorben. |
| 11 | 9. Januar 1923 | Baryumchlorid | 1 : 500 | | | | | Nach 6 Tagen Pflanze gewachsen. Nach 8 Tagen Stengel an der Basis braun. Nach 11 Tagen desgl. Wachstum hörte auf. |
| 12 | 22. Dezember 1922 | Kaliumchlorid | 1 : 10 | | | | | Nach 5 Tagen Pflanze abgestorben. |
| 13 | 9. Januar 1923 | Kaliumchlorid | 1 : 100 | | | | | Nach 6 Tagen Pflanze sehr stark gewachsen (Einfluß des K). Wurzelbildung sehr gut. Nach 11 Tagen wie Kontrolle. |
| 14 | 22. Dezember 1922 | Natriumchlorid | 1 : 5 | | | | | Nach 5 Tagen Pflanze abgestorben. |
| 15 | 9. Januar 1923 | Natriumchlorid | 1 : 100 | | | | | Nach 6 Tagen Pflanze gewachsen; Blätter aber welk. Nach 8 Tagen Blätter welk. |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 29. Januar 1923 | Natriumchlorid | 1:500 | | | | Nach 10 Tagen Pflanze gewachsen und frisch. |
| 17 | 5. Dezember 1922 | Kupfersulfat | 1:5000 | | | | Nach 6 und 8 Tagen unbeschädigt. Nach 13 Tagen Blätter abgestorben. |
| 18 | 5. Dezember 1922 | Kupferacetat + Ammoniak | 1:5000 [1] | | | | Nach 8 Tagen Pflanze unbeschädigt, schwaches Wachstum. Nach 17 Tagen Blätter am Rande welk. |
| 19 | 5. Dezember 1922 | Zinkacetat | 1:5000 | | | | Nach 8 Tagen Pflanze unbeschädigt. Nach 15 Tagen Triebspitze abgestorben. |
| 20 | 22. Dezember 1922 | Zinkacetat | 1:100 | | | | Nach 7 Tagen Pflanze abgestorben. |
| 21 | 9. Januar 1923 | Zinkacetat | 1:500 | | | | Nach 6 Tagen Pflanze nur sehr wenig gewachsen Nach 11 Tagen so gut wie nicht gewachsen aber unbeschädigt. |
| 22 | 5. Dezember 1922 | Quecksilberbichlorid | 1:5000 | | | | Nach 17 Tagen Pflanze unbeschädigt. |
| 23 | 26. Oktober 1922 | Alkohol abs. | 1:500 | | | | Nach 5 Tagen Pflanze unbeschädigt; nach 9 Tagen 2 Blättchen welk. |
| 24 | 5. Dezember 1922 | Ameisensäure 50% | 1:9000 | | | | Nach 6 Tagen Pflanze unbeschädigt, stark gewachsen (Reizwirkung!). Nach 17 Tagen ein Blatt beschädigt (?). |
| 25 | 22. Dezember 1922 | Ameisensäure 50% | 1:5000 | | | | Nach 12 Tagen stark gewachsen (Reizwirkung!). |
| 26 | 26. Oktober 1922 | Chloralhydrat | 1:10 000 | | | | Nach 5 Tagen Pflanze unbeschädigt. Nach 11 Tagen ein Blättchen welk; Wurzelwerk und Pflanze sonst tadellos. |
| 27 | 22. Oktober 1922 | Chloralhydrat | 1:1000 | | | | Nach 12 Tagen Pflanze stark gewachsen (Reizwirkung!). |
| 28 | 31. Oktober 1922 | Eisessig | 1:10 000 | | | | Nach 4 Tagen Pflanze unbeschädigt; nach 5 Tagen untere Blätter welk. |
| 29 | 5. Dezember 1922 | Phenol | 1:5000 | | | | Nach 8 Tagen Pflanze unbeschädigt, etwas gewachsen. Nach 17 Tagen zwei Blätter am Rande verbrannt. |
| 30 | 9. Januar 1923 | Phenol | 1:1000 | | | | Nach 6 Tagen Pflanze gewachsen. Nach 8 Tagen Stengel braun, abgeknickt. |
| 31 | 26. Oktober 1922 | Pyridin | 1:500 | | | | Nach 5 Tagen Pflanze unbeschädigt. Nach 11 Tagen beschädigt. |
| 32 | 22. Dezember 1922 | Pyridin | 1:100 | | | | Nach 5 Tagen Pflanze unbeschädigt. Nach 6 Tagen abgestorben. |
| 33 | 26. Oktober 1922 | Wasser | — | | | | Nach 11 Tagen Blätter welk. |
| 34 | 5. Dezember 1922 | Wasser | — | | | | Nach 6 Tagen stark gewachsen. |
| 35 | 22. Dezember 1922 | Wasser | — | | | | Nach 12 Tagen stark gewachsen. |
| 36 | 9. Januar 1923 | Wasser | — | | | | Nach 11 Tagen sehr stark gewachsen. |

[1] Auf Kupferacetat berechnet.

Umgebung noch unverändert war, dieweil zwischen den Adern (im Mesophyll) hellere, glanzlose Flecken auftraten. Bald nach Sichtbarwerden jener Schädigungen wurden die Blätter schlaff und welk; sie hingen am Zweig herunter. Die geschilderten Schädigungen traten auch dann auf, wenn nur ein Teil der gebotenen Lösungen aufgenommen wurde (bei unvollständiger Durchtränkung). Im übrigen fielen die Blätter trotz der schweren Schädigung nicht ab; sie waren fest mit dem Zweig verbunden.

Fassen wir die Ergebnisse zusammen, so steht ohne weiteres fest, daß Aluminiumchlorid in bezug auf Flieder in der angewandten Konzentration (1:1000) keine „entgiftende" Wirkung auf Kupfersulfatlösungen (1:1000 bis 1:5000) auszuüben vermag. Das Aluminiumchlorid hat sich im Gegenteil stets als sehr schädlich erwiesen. Bei gleichzeitiger Anwendung beider Stoffe (Kupfersulfatlösung + Aluminiumchloridlösung) war im übrigen eine Wirkung derart zu erkennen, daß die Schädigungen des Aluminiumchlorids (Matt- und Hellwerden der Blätter) in den Vordergrund traten, was auch darauf zurückzuführen sein dürfte, daß der Gehalt der Lösungen an Aluminiumchlorid mit einer Ausnahme stets höher war als deren Gehalt an Kupfersulfat. Die Tatsache, daß die Giftigkeit des Aluminiumchlorids auf die Pflanze (Flieder) der des Kupfersulfats kaum nachsteht, im Gegenteil sogar überlegen scheint (vgl. Versuche mit schwachen Konzentrationen), läßt die Verwendung des Aluminiumchlorids beim inneren Heilverfahren als „entgiftenden" Stoff sehr fraglich erscheinen. Es wäre nun, da gerade das Kupfersulfat auf eine Reihe von pflanzlichen Parasiten der Pflanzen wirksam, dagegen für die Pflanzen selbst sehr schädlich ist, immerhin erstrebenswert, an Stelle des Aluminiumchlorids eventuell andere Stoffe ausfindig zu machen, die eine Anwendung stärkerer Kupfersulfatlösungen zulassen. Im übrigen nahm ich bei meinen Versuchen an, daß diese auch unter Benutzung abgeschnittener Zweige zu einem Resultate führen könnten; denn wie Szücs es angibt, soll ja eine für eine Pflanze unschädliche Lösung eines Stoffes, für die die Zellwand und der Protoplast stark permeabel sind, den Eintritt einer giftigen Lösung, für die Zellwand und Protoplast weniger stark permeabel sind, in die Zellen hindern und diese Lösung somit „entgiften".

Was nun die Anwendung balanzierter Lösungen betrifft, so wäre auch noch dem Umstand Rechnung zu tragen, daß der in starker Konzentration angewandte, auf irgendwelchen Schädling wirksame Stoff gar nicht in die Zellen, die ja von dem „entgiftenden" Stoff erfüllt sind, eintreten kann. Allerdings muß nun diese Tatsache zum mindesten nicht in allen Fällen von Nachteil sein, da sich beispielsweise die Gefäße in den Blättern so fein verzweigen, daß jede transpirierende Zelle entweder direkt oder durch Vermittlung weniger Parenchymzellen mit einem Gefäß verbunden ist. Ein in Kontakttreten eines zu bekämpfenden Parasiten mit dem auf ihn wirksamen Stoff ist also durchaus möglich. Auch ist

bekannt, daß beispielsweise an Pflanzen saugende Insekten, so die Blutlaus und Blattläuse, beim Saugen ihre Stechwerkzeuge (-borsten) bis tief in die Kambiumschicht vorschieben können (vgl. u. a. Heymons 1915 und Davidson 1923). Viel wichtiger hingegen wäre eine Feststellung, ob bei Anwendung solcher Mengen eines Lösungsgemisches, die nur einem Bruchteil des Volumens der zu behandelnden Pflanze entsprechen (siehe auch S. 160), durch die „entgiftenden" Ionen auch nur ein Teil der Zellen blockiert wird (in diesem Falle wären die nicht blockierten Zellen dem zu „entgiftenden" Stoff preisgegeben) oder ob eine Verteilung in der Pflanze derart stattfindet, daß in dem absorbierten Lösungsgemisch das Verhältnis der Antagonisten in allen Fällen gleichbleibt (Al : Cu = konstant). Ich halte das erstere für sehr wahrscheinlich, da durch das Diosmieren des „entgiftenden" Stoffes in die Zellen derselbe schließlich aus dem Lösungsgemisch verschwindet und letzten Endes doch nur noch der giftige Stoff vorhanden ist, der nunmehr in die nicht blockierten Zellen eindringen kann. Diese Konstellation wird besonders in solchen Fällen deutlich zutage treten, wenn die „entgiftenden" Ionen bereits in der ursprünglich gebotenen Konzentration (noch nicht durch die Säfte der Pflanze verdünntes Lösungsgemisch) in die Zellen einzudringen vermögen, und wenn das Verhältnis zwischen der Menge des Lösungsgemisches und dem Volumen der Pflanze sehr klein ist. Die Anwendung balanzierter Lösungen beim inneren Heilverfahren würde also in diesem Falle bedingen, daß von den Pflanzen stets solche Mengen absorbiert werden, die mit ihrem Volumen im Einklang stehen.

*c) Zur Anwendung fester, in den Säften der Pflanzen löslicher Stoffe.*

In bezug auf die Anwendung von festen, in den Säften der Pflanzen löslicher Stoffe ist zu sagen, daß die durch deren Auflösung entstehenden, zunächst sehr konzentrierten Lösungen, wohl in den meisten Fällen, auch für die widerstandsfähigeren Teile der Pflanzen, wie Holz, Bast und Rinde schädlich sein dürften. Die Anwendung fester Stoffe kommt demnach für das innere Heilverfahren wohl kaum in Betracht. Im übrigen sei bemerkt, daß der Grad der Schädlichkeit fester Stoffe nicht allein von deren Giftigkeit abhängt; derselbe wird vielmehr sicher auch von ihrer Löslichkeit in den Säften der Pflanzen und der Geschwindigkeit des Transpirationsstromes beeinflußt. So wird sich beispielsweise, um ein Extrem zu nennen, ein absolut unlöslicher Körper wohl völlig neutral verhalten. Auch würde die Anwendung schwerlöslicher Stoffe bei starker Strömungsgeschwindigkeit in den Gefäßen eine Schädigung der Pflanze eher ausschließen, als die Anwendung leichtlöslicher Stoffe bei geringerer Strömungsgeschwindigkeit. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend wurden u. a. Versuche angestellt,

bei welchem Stoffe, die in einen schwerlöslichen Zustand gebracht wurden (viskose Stoffe), zur Anwendung kamen (vgl. S. 93). Sehen wir von der Giftigkeit der Stoffe auf die Pflanzen ab, so ist in bezug auf die Anwendung fester oder viskoser Stoffe noch zu berücksichtigen, daß es sich bei deren Einführung in den pflanzlichen Organismus unmöglich vermeiden läßt, daß Luft in die Gefäße eindringt; hierdurch wird aber der kontinuierliche Transpirationsstrom gerade an der Stelle unterbrochen, wo man ihn am nötigsten gebraucht. Solange die Einführungsstelle noch feucht ist, dürften allerdings je nach dem Grad der Löslichkeit des Stoffes mehr oder weniger große Mengen desselben durch Diffusion in die noch intakten Gefäße gelangen und somit eine gewisse Ausbreitung des gelösten Stoffes stattfinden. Inwieweit jene Mengen aber für den einen oder anderen Fall genügen, müßte noch festgestellt werden. Im übrigen sei hier auf die Versuche von Surface (1914), Flint (1915), Moore und Ruggles (1915), Wellhouse (1916), Elliot (1917) und Rayband (1921) verwiesen.

### *d) Zur Bestimmung der Dosis tolerata bzw. toxica.*

Was nun die Dosis tolerata bzw. toxica betrifft, so kommt, wie aus den hier beschriebenen Versuchen hervorgeht, für Flüssigkeiten eine einfache Angabe des Verhältnisses zwischen der Menge des von der Pflanze absorbierten in Lösung befindlichen Stoffes und dem Gewichte der Pflanze nicht in Betracht. Es wäre beispielsweise durchaus falsch, 1 g Kupfersulfat in 10, 20, 30 oder 50 ccm Wasser gelöst einer Pflanze von 5000 g Gewicht bzw. 5000 ccm Volumen einzuverleiben, wennschon die Dosis tolerata durch das Verhältnis 1 : 5000 ausgedrückt werden mag. Wie wir aus Erfahrung wissen, wird das in so konzentrierter Form verabfolgte Kupfersulfat schwere Schäden in der Nähe der Einführungsstelle hervorrufen, und nur durch dauernde Verdünnung jener starken Lösungen durch die Säfte der Pflanzen werden diese Flüssigkeiten allmählich ihre schädlichen Eigenschaften verlieren (vgl. auch Rumbold und S. 89). Es muß also als erstes gefordert werden, daß nur solche Lösungen oder Verdünnungen von Stoffen zur Anwendung kommen, die, gleichgültig in welche Teile der Pflanzen sie eindringen, unschädlich für die Pflanzen sind. Da aber bei der Bekämpfung von Schädlingen oder Krankheiten zunächst mit einer völligen Durchtränkung der befallenen Pflanzen gerechnet werden muß, so ist weiterhin erforderlich, daß jene Lösungen respektive Verdünnungen auch in solchen Fällen von den Pflanzen ohne Schaden ertragen werden. **Die Dosis tolerata (= Faktor t) ist also, sofern eine innere Therapie in Betracht kommt, zu kennzeichnen durch diejenige Konzentration (wässerige Lösung oder Verdünnung) des angewandten Stoffes, die sich bei**

**völliger Durchtränkung der zu behandelnden Pflanze**[1]) **gerade noch als unschädlich für dieselbe erweist.** In Berücksichtigung muß hierbei gezogen werden die Dauer der Aufnahme, die Art und der Entwicklungszustand der Pflanze, ferner die näheren Umstände, wie Temperatur, Beleuchtung, Feuchtigkeitsgehalt der Luft u. a. m.

**Übersicht über die Konzentrationen (Dosis tolerata = Faktor 1) einiger Stoffe, die gerade noch unschädlich auf Flieder (frische Triebe) sind.**

| Präparat | Konzentration | Zweiggewicht: Menge der aufgenommenen Flüssigkeit | Zweiggewicht: Menge des aufgenommenen in der Flüssigkeit enthaltenen Präparates | Aufnahmedauer | Temperatur | Beleuchtung |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schwefelsäure . . | 1 : 20000 | 1 : 1 | 20000 : 1 | 20 Stdn. | variierte zwischen 11 und 25 °C | Kurze Zeit in Sonne, sonst diffuses Licht |
| Salzsäure . . . . | 1 : 10000 | 1,16 : 1 | 11600 : 1 | 20 „ | „ | |
| Salpetersäure . . | 1 : 10000 | 1 : 1 | 10000 : 1 | 20 „ | „ | |
| Ätznatron . . . . | 1 : 20000 | 1,17 : 1 | 23400 : 1 | 9 Tage | „ | diffuses Licht |
| Ätzkali . . . . | 1 : 10000 | 1 : 1 | 10000 : 1 | 5 „ | „ | Kurze Zeit in Sonne, sonst diffuses Licht |
| Aluminiumsulfat . | 1 : 1000 | 1 : 1 | 1000 : 1 | 5 „ | „ | diffuses Licht |
| Magnesiumsulfat . | 1 : 5000 | 1 : 1 | 5000 : 1 | 3 „ | „ | „ |
| Baryumchlorid . . | 1 : 5000 | 1 : 1 | 5000 : 1 | 2 „ | „ | „ |
| Kaliumchlorid . . | 1 : 1000 | 1 : 1 | 1000 : 1 | 6 „ | „ | Kurze Zeit in Sonne, sonst diffuses Licht |
| Natriumchlorid . . | 1 : 1000 | 1 : 1 | 1000 : 1 | 8 „ | „ | diffuses Licht |
| Kupfersulfat . . . | 1 : 5000 | 1 : 1 | 5000 : 1 | 40 Stdn. | „ | „ |
| Kupferacetat . . . | 1 : 10000 | 1,18 : 1 | 11800 : 1 | 6 Tage | „ | „ |
| Zinkacetat . . . | 1 : 10000 | 1 : 1 | 10000 : 1 | 5 „ | „ | „ |
| Quecksilberbichlorid | 1 : 5000 | 1 : 1 | 5000 : 1 | 4 „ | „ | „ |
| Alkohol absolut . . | 1 : 500 | 1 : 1 | 500 : 1 | 5 „ | „ | „ |
| Ameisensäure 50 % | 1 : 10000 | 1,25 : 1 | 12500 : 1 | 2 „ | „ | Kurze Zeit in Sonne, sonst diffuses Licht |
| Chloralhydrat . . | 1 : 1000 | 1 : 1 | 1000 : 1 | 5 „ | „ | diffuses Licht |
| Eisessig . . . . | 1 : 10000 | 1 : 1 | 10000 : 1 | 5 „ | „ | „ |
| Phenol . . . . . | 1 : 10000 | 1,07 : 1 | 10700 : 1 | 7 „ | „ | „ |
| Pyridin . . . . | 1 : 100 | 1 : 1 | 100 : 1 | 4 „ | „ | „ |

[1]) Da dieser Begriff sehr dehnbar ist, so möge als Maßstab hierfür gelten: 1. die Absorption einer solchen Flüssigkeitsmenge, die dem Volumen (= Gewicht) der Pflanze gleichkommt oder 2. die Absorption einer solchen Flüssigkeitsmenge, die 75 % des Volumens (= Gewichtes) der Pflanze beträgt.

Unter diesem Gesichtspunkte wurden nun die vorbeschriebenen Versuche (vgl. 3. Methode, Versuchsserie IV, Tabelle 6) vorgenommen, und somit für die zu Anfang des Kapitels angeführten Stoffe die Dosis tolerata in bezug auf Flieder ermittelt.

Was die Dosis toxica betrifft, so ist diese, da es sich um Grenzwerte handelt, theoretisch mit der Bestimmung der Dosis tolerata festgelegt. Die eine entspricht bekanntlich der Dosis, die gerade noch unschädlich für die Pflanze ist, die andere derjenigen, die gerade die ersten Schäden hervorruft. In der Praxis wird hier jedoch immer mit gewissen Abweichungen zu rechnen sein. Denn gerade bei dem zur Diskussion stehenden Verfahren ist es am wenigsten möglich, bestimmte Zahlen anzugeben. Unter Berücksichtigung der zahllosen Faktoren, die hier bei Freilandversuchen beeinflussend wirken können, wird man bei Übertragung der im Laboratorium gewonnenen Resultate auf die Praxis wohl häufig genug mit Mißerfolgen zu rechnen haben. Schwierigkeiten bestehen auch insofern, als sich beispielsweise wohl kaum das Volumen der Pflanzen, besonders größerer Bäume, genau bestimmen lassen dürfte (vgl. auch S. 97). Außerdem treten durch die Behandlung hervorgerufene Schäden meist erst nach längerer Zeit auf. Wenn ich mich nun im Verlaufe meiner Ausführungen des öfteren, zwecks Erläuterung dieses oder jenes Falles, genötigt sah, willkürliche Zahlen anzunehmen (vgl. z. B. S. 191), so sind solche Angaben nur in diesem Sinne aufzufassen.

### 2. Versuche zwecks Feststellung der Wirkung von Pyridin auf tierische Parasiten (Versuche zur Bestimmung der Dosis curativa).

Einleitend sei hier bemerkt, daß, wie auch aus den zahlreichen referierten Schriften zu ersehen ist, die bisher von Dementyev, Flint, Green, Moore u. Ruggles, Mokrzecki, Raybaud, Reshko, Rumbold, Sanford, Shattuck, Wellhouse u. a. angestellten Versuche zwecks Ermittelung der Wirkung der von den Pflanzen absorbierten Stoffe auf tierische und pflanzliche Parasiten der Pflanzen in keinem Falle geeignet waren, näheren Aufschluß in bezug auf die Dosierung zu geben. Da es aber von grundlegender Bedeutung für das ganze Problem ist, abgesehen von der Wirkung der verschiedenen Stoffe auf bestimmte Parasiten und Krankheiten der Pflanzen, auch die geeignete Form der Anwendung, und vor allem die jeweils anzuwendende Menge derselben zu ermitteln, so habe ich mich auch mit dieser Frage befaßt. Leider bin ich nun nicht in der Lage hier eine große Anzahl Versuche mitteilen zu können; ich hoffe aber später Gelegenheit hierzu zu haben.

Was nun die Untersuchungen betrifft, so wurden diese auf Grund der bisherigen Erfahrungen in der Weise vorgenommen, daß der zu prüfende Stoff und zwar wässerige Verdünnungen von Pyridin in einer solchen Menge zur Anwendung kam, die jeweils mit dem Volumen (Gewicht) der

zu behandelnden Pflanzen im Einklang stand. Hierdurch sollte eine möglichst gleichartige Durchtränkung der letzteren erzielt werden, denn nur auf diese Weise dürfte es möglich sein, eine vollkommene Wirkung auf die zu bekämpfenden Parasiten und nicht parasitären Krankheiten der Pflanzen zu erzielen. Als Testobjekte dienten mit ungeflügelten Blattläusen (Larvenstadien und Virgines) besetzte Zweige, und zwar die schwarze Bohnenblattlaus (*Aphis fabae* Scop.) auf Puffbohnen (*Vicia faba*) und die Apfelblattlaus (*Aphis pomi* de Geer) auf Apfel. Die befallenen Pflanzen (abgeschnittene Stengel und Zweige) wurden, nachdem ihr Gewicht festgestellt war, in die verschiedenen mit Leitungswasser hergestellten Pyridinverdünnungen eingestellt. Um ein Entkommen der evtl. abwandernden Blattläuse zu verhindern, wurden die Gefäße (Meßzylinder) in große Petrischalen gestellt, deren Rand mit einem fängigen Klebstoff bestrichen war. Nach Absorption der vorgeschriebenen Flüssigkeitsmengen wurden die Zweige zwecks weiterer Beobachtung in frisches Leitungswasser eingestellt. Berücksichtigt wurde u. a. die Aufnahmedauer, die Temperatur und die Beleuchtung.

*a) Versuche mit der schwarzen Bohnenblattlaus (Aphis fabae* Scop.*) auf Puffbohnen (Vicia faba).*

Ein abgeschnittener Stengel von *Vicia faba* von 35 g Gewicht, der stark mit *Aphis fabae* besetzt war, wurde in eine für Flieder als unschädlich ermittelte Verdünnung von Pyridin (1:100) eingestellt. Als Kontrolle diente ein ebenfalls stark befallener Stengel, der in Wasser gestellt wurde. Die Versuchsbedingungen waren im übrigen für beide Objekte gleich (Beleuchtung, Temperatur usw.). Nachdem der in Pyridin eingestellte Stengel 35 ccm der Flüssigkeit aufgenommen hatte (22 Stunden nach Versuchsbeginn) wurde er in Wasser gestellt.

Ergebnis: Bereits 19 Stunden nach Versuchsbeginn wurde bei dem mit Pyridin durchtränkten Stengel eine starke Abwanderung der Blattläuse festgestellt; bis zum folgenden Tage waren etwa 80% aller Blattläuse abgewandert (vgl. Abb. 15 und 16). Die in Wasser stehende Kontrollpflanze hingegen blieb während der ganzen Zeit unverändert und zwar stark befallen; Abwanderung wurde nicht festgestellt.

*b) Versuche mit der Apfelblattlaus (Aphis pomi* de Geer*) auf Apfel.*

Abgeschnittene Apfelzweige, deren Gewicht jeweils ermittelt wurde, und die stark mit *Aphis pomi* besetzt waren, wurden in verschieden starke Verdünnungen von Pyridin (1:100 bis 1:5000) eingestellt. Als Kontrolle dienten in Wasser eingestellte Zweige. Die Versuchsbedingungen waren im übrigen für sämtliche Objekte gleich. Nachdem die in Pyridin eingestellten Zweige eine ihrem Gewicht entsprechende Menge Flüssigkeit aufgenommen hatten, wurden sie ebenfalls in Wasser eingestellt. Die Aufnahme

(völlige Durchtränkung) erfolgte in allen Fällen in weniger als 15 Stunden. Die Temperatur betrug während der ganzen Versuchsdauer 19—20° C.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. IX): Bereits 24 Stunden nach Versuchsbeginn fand eine sehr starke Abwanderung der Blattläuse statt, und zwar

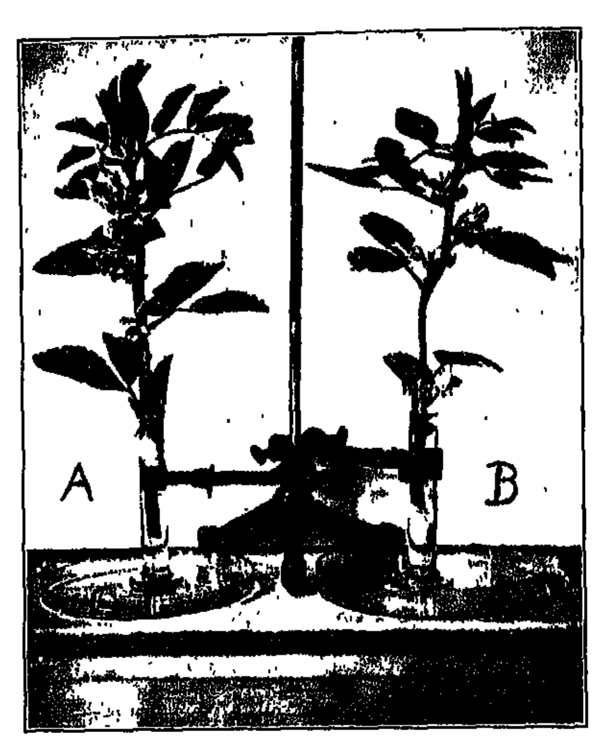



Abb. 15.

Wirkung von 1 %igem Pyridin auf die an Puffbohne (*Vicia faba*) befindlichen schwarzen Blattläuse (*Aphis fabae* Scop.) bei völliger Durchtränkung der Pflanze 48 Stunden nach dem Versuchsbeginn. A. Behandelte Pflanze (in der Petrischale abgewanderte und abgefallene Blattläuse). B. Unbehandelte, in Wasser eingestellte Pflanze (keine Abwanderung der Blattläuse).

bei Anwendung einer Verdünnung von 1:250, 1:500 und 1:1000. Bei 1:100, 1:2500 und 1:5000, sowie bei der Kontrolle war nur eine geringe bzw. gar keine Abwanderung zu bemerken. 48 Stunden nach Versuchsbeginn waren auf den in Pyridin 1:500 und 1:1000 eingestellten Zweigen alle Blattläuse tot; die abgewanderten, in den untergestellten Petrischalen befindlichen Blattläuse, lebten noch. Auf dem mit Pyridin 1:100 behandelten Zweig waren nur noch einige lebende, hingegen aber eine größere Anzahl toter Blattläuse. Der mit Pyridin 1:250 durchtränkte Zweig zeigte nur noch 5—10% des früheren Befalls; tote Blattläuse wurden hier nicht festgestellt. Ohne sichtbaren Erfolg blieb die

Anwendung von Pyridin 1 : 2500 und 1 : 5000. Von Bedeutung ist hier die Feststellung, daß auch Blattläuse mit Hilfe von Pyridin abgetötet werden können (vgl. Versuche zur Bekämpfung der Blutlaus S. 80). Was die behandelten Zweige betrifft, so waren hier starke Schädigungen aufgetreten, die aber, wie auch entsprechende Kontrollversuche ergaben, nicht auf das Pyridin zurückzuführen sind.




Abb. 16

Petrischale mit abgewanderten und abgefallenen Blattläusen vergrößert (vgl. Abb. 15).

*Kontrollversuche zwecks Feststellung des Einflusses verschiedener Pyridin-Verdünnungen auf den Apfel.*

Bei diesen Versuchen wurde in der üblichen Weise verfahren. Die abgeschnittenen Zweige wurden gewogen und so lange in die verschiedenen Flüssigkeiten eingestellt, bis sie eine ihrem Gewicht entsprechende Menge absorbiert hatten. Dies nahm 20—23 $^{3}/_{4}$ Stunden in Anspruch. Alsdann wurden sie zwecks weiterer Beobachtung in Leitungswasser eingestellt. Als Kontrolle dienten in Wasser eingestellte Zweige. Zur Anwendung kamen folgende Verdünnungen: 1 : 100, 1 : 250, 1 : 500 und 1 : 1000. Die Temperatur betrug während der ganzen Dauer des Versuches 16—22° C.

Ergebnis (vgl. Tabelle Nr. X). Mit einer Ausnahme zeigten alle Zweige, einschließlich der Kontrolle, Schädigungen. Unbeschädigt blieb nur der in Pyridin 1 : 500 eingestellte Zweig. Die Schäden waren verschiedener Art.

Tabelle III.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Pflanzenart | Gewicht des Triebes g | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Zweiggewicht: Flüssigkeitsmenge und umgekehrt | Zweiggewicht: Präparat | Dauer der Aufnahme Tg. | Temperatur | Feuchtigkeit | Beleuchtung | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13. 12. 22 | Schwefelsäure | 1 : 20000 | Tradescantia | 2,9 | 1,35 | 2,15: 1<br>1 : 0,465 | 42962 : 1 | 14 | | normal | Diffuses Licht | Nach 14 Tagen zwei Blätter abgestorben, sonst frisch. |
| 2 | 13. 12. 22 | Salzsäure | 1 : 10000 | | 1,9 | 0,73 | 2,6 : 1<br>1 : 0,38 | 26027 : 1 | 14 | | | | Nach 14 Tagen ein Blatt abgestorben, sonst frisch. |
| 3 | 13. 12. 22 | Salpetersäure | 1 : 10000 | | 2 | 1 | 2 : 1<br>1 : 0,5 | 20000 : 1 | 14 | | | | Nach 14 Tagen ein Blatt abgestorben, sonst frisch. |
| 4 | 11. 1. 23 | Ätznatron | 1 : 5000 | | 0,6 | 0,38 | 1,58: 1<br>1 : 0,63 | 7850 : 1 | 5 | | | | Nach 5 Tagen völlig frisch. |
| 5 | 11. 1. 23 | Ätznatron | 1 : 500 | | 0,5 | 0,09 | 5,55 1<br>1 : 0,18 | 2775 : 1 | 5 | | | | Nach 5 Tagen völlig frisch. |
| 6 | 13. 12. 22 | Aluminiumsulfat | 1 : 500 | | 2,5 | 1,72 | 1,45: 1<br>1 : 0,69 | 726,5 : 1 | 14 | | | | Nach 14 Tagen ein Blatt abgestorben, sonst frisch. |
| 7 | 29. 12. 22 | Magnesiumsulfat | 1 : 100 | | 2 | 1,36 | 1,47: 1<br>1 : 0,69 | 147 : 1 | 11 | | | | Nach 11 Tagen zwei Blätter verwelkt, sonst frisch. |
| 8 | 17. 1. 23 | Magnesiumsulfat | 1 : 500 | | 0.7 | 0,5 | 1,4 : 1<br>1 : 0,71 | 700 : 1 | 9 | | | | Nach 9 Tagen völlig frisch. |
| 9 | 29. 12. 22 | Baryumchlorid | 1 : 5000 | | 1.2 | 0.94 | 1,27: 1<br>1 : 0,78 | 6521 : 1 | 11 | | | | Nach 11 Tagen zwei Blätter welk, sonst frisch. |
| 10 | 11. 1. 23 | Baryumchlorid | 1 : 100 | | 0.5 | 0,14 | 3,57: 1<br>1 : 0,28 | 357 : 1 | 5 | | | | Nach 5 Tagen völlig frisch. |
| 11 | 11. 1. 23 | Kaliumchlorid | 1 : 10 | | 0,5 | — | — | — | 5 | | | | Nach 20 Stunden bereits abgeknickt; hat viel Lösung aufgenommen. |
| 12 | 17. 1. 23 | Kaliumchlorid | 1 : 100 | | 1 | 0.47 | 2,13: 1<br>1 : 0,47 | 213 : 1 | 9 | | | | Nach 9 Tagen völlig frisch. |
| 13 | 11. 1. 23 | Natriumchlorid | 1 : 5 | | 0.5 | — | — | — | 5 | | | | Nach 20 Stunden bereits abgeknickt hat viel Lösung aufgenommen. |
| 14 | 17. 1. 23 | Natriumchlorid | 1 : 500 | | 1 | 0,54 | 1,85: 1<br>1 : 0,54 | 935 : 1 | 9 | | | | Nach 9 Tagen völlig frisch. |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 29. 12. 22 | Kupfersulfat | 1 : 5000 | 1,8 | 0,68 | 2.65: 1<br>1 : 0,37 | 13235 : 1 | 11 | Im Durchschnitt 16—18° C. | | Nach 11 Tagen völlig frisch. |
| 16 | 29. 12. 22 | Kupferacetat + Ammoniak | 1 : 5000 [1] | 1.4 | 0.86 | 1,63: 1<br>1 : 0,61 | 8139 : 1 | 11 | | | Nach 11 Tagen ein Blatt gelb, sonst frisch. |
| 17 | 11. 1. 23 | Zinkacetat | 1 : 100 | 0,5 | 0,19 | 2.63: 1<br>1 : 0,38 | 263 : 1 | 5 | | | Nach 48 Stunden die drei untersten Blätter stark beschädigt. Am vierten Tage ein weiteres Blatt stark beschädigt. |
| 18 | 29. 12. 22 | Zinkacetat | 1 : 5000 | 1.7 | 0,64 | 2,66: 1<br>1 : 0.37 | 13281 : 1 | 11 | | | Nach 11 Tagen ein Blatt gelb, sonst frisch. |
| 19 | 29. 12. 22 | Quecksilberbichlorid | 1 : 5000 | 1,8 | 0,25 | 7,2: 1<br>1 : 0,14 | 36000 : 1 | 11 | | | Nach 11 Tagen ein Blatt verwelkt, sonst frisch. |
| 20 | 13. 12. 22 | Alkohol absolut | 1 : 500 | 2.5 | 1,39 | 1,79: 1<br>1 : 0,55 | 899 : 1 | 14 | | | Nach 14 Tagen ein Blatt abgestorben, sonst frisch. |
| 21 | 29. 12. 22 | Ameisensäure 50 % | 1 : 9000 | 2 | 0.5 | 4 : 1<br>1 : 0,25 | 36000 : 1 | 11 | | | Nach 11 Tagen ein Blatt verwelkt, sonst frisch. |
| 22 | 17. 1. 23 | Ameisensäure 50 % | 1 : 5000 | 1,2 | 0,47 | 2,55: 1<br>1 : 0,39 | 12776 : 1 | 9 | | | Nach 9 Tagen völlig frisch. |
| 23 | 13. 12. 22 | Chloralhydrat | 1 : 10000 | 2,6 | 1,15 | 1,39: 1<br>1 : 0,72 | 22609 : 1 | 14 | | | Nach 14 Tagen ein Blatt gelb, sonst frisch. |
| 24 | 11. 1. 23 | Chloralhydrat | 1 : 1000 | 0,5 | 0,5 | 1 : 1<br>1 : 1 | 1000 : 1 | 5 | | | Nach 5 Tagen völlig frisch. |
| 25 | 13. 12. 22 | Eisessig | 1 : 10000 | 2,1 | 2,12 | 1 : 1<br>1 : 1 | 9905 : 1 | 14 | | | Nach 14 Tagen ein Blatt gelb, sonst frisch. |
| 26 | 29. 12. 22 | Phenol | 1 : 5000 | 2 | 0.74 | 2,7 : 1<br>1 : 0,37 | 13513 : 1 | 11 | | | Nach 11 Tagen ein Blatt verwelkt, sonst frisch. |
| 27 | 17. 1. 23 | Phenol | 1 : 1000 | 0,9 | 0,5 | 1,8 : 1<br>1 : 0,55 | 1800 : 1 | 9 | | | Nach 9 Tagen völlig frisch. |
| 28 | 13. 12. 22 | Pyridin | 1 : 500 | 2,3 | 1,544 | 1,41: 1<br>1 : 0,72 | 744 : 1 | 14 | | | Nach 14 Tagen ein Blatt abgestorben; sonst frisch. |
| 29 | 17. 1. 23 | Pyridin | 1 : 100 | 0,9 | 0,47 | 1,91: 1<br>1 : 0,52 | 191 : 1 | 9 | | | Nach 9 Tagen völlig frisch. |
| 30 | 13. 12. 22 | Wasser | — | — | — | — | — | 14 | | | Nach 14 Tagen völlig frisch. |
| 31 | 29. 12. 22 | Wasser | — | — | — | — | — | 11 | | | Nach 11 Tagen völlig frisch. |
| 32 | 11. 1. 23 | Wasser | — | — | — | — | — | 9 | | | Nach 9 Tagen völlig frisch. |

[1]) Auf Kupferacetat berechnet.

Zunächst zeigten sich an dem Rande einiger Blätter Bräunungen (ausgenommen bei der Kontrolle), später blaßten sämtliche Blätter ab, verloren ihren Glanz und wurden dürr (einschließlich Kontrolle). Letzte Art der Schädigung, die bekanntlich bei der Behandlung von Apfelzweigen zwecks Bekämpfung der Blattläuse festgestellt wurde (vgl. Tabelle Nr. IX Versuch 3 und 4), ist, da der in Wasser stehende Kontrollzweig die gleiche Schädigung zeigte wie die behandelten Zweige, und ferner einer der behandelten Zweige (1 : 500) unbeschädigt blieb, demnach nicht auf den Einfluß des Pyridins zurückzuführen. Als Schädigungen, die durch das Pyridin hervorgerufen wurden, sind lediglich die Bräunungen der Blätter anzusehen. Die Tatsache, daß jene Bräunungen vom Blattrand und nicht von den Adern ausgingen, ist, wie auch Rumbold (1920) angibt, darauf zurückzuführen, daß genügend starke Verdünnungen von Stoffen oder Lösungen von geringer Konzentration durch die Blätter hindurchgehen, scheinbar ohne sie zu schädigen. Durch den durch die Transpiration hervorgerufenen Wasserverlust der Parenchymzellen findet aber eine allmähliche Anreicherung jener Zellen mit den der Pflanze einverleibten Stoffen statt, und es kommt schließlich zur Schädigung (vgl. S. 85 und Abb. 11 und 12). Im Gegensatz hierzu stehen durch konzentriertere Lösungen bzw. schwächere Verdünnungen hervorgerufene Schäden; diese treten sofort in den Gefäßen auf und breiten sich von hier aus aus (vgl. S. 160 und 161 sowie Abb. 21 und 22). In bezug auf die Abwanderung der Blattläuse ist nun zu sagen, daß diese möglicherweise auch auf das Trockenwerden (Dürrwerden) der Zweige zurückzuführen sein könnte. Die Abtötung hingegen ist als Folge der Behandlung mit Pyridin zu betrachten; denn wie im Nachfolgenden noch berichtet werden wird, sind Blattläuse imstande, längere Zeit ohne Nahrungsaufnahme zu leben; sie sind also nicht aus Nahrungsmangel zugrunde gegangen.

Da sich nun die Wirkung auf die zu bekämpfenden Schädlinge, so z. B. auf Blattläuse und die Blutlaus, meist dergestalt äußert, daß die Tiere von den behandelten Pflanzen abwandern (vgl. u. a. auch obige Versuche), so erhebt sich die Frage, ob in diesem Falle eine Überwanderung der Tiere auf andere, in der Nähe befindliche Pflanzen (Bäume) möglich ist, bzw. ob diese Art der Wirkung eines Stoffes als genügend angesehen werden kann. Um diese Frage beantworten zu können, war es vor allem nötig, einmal festzustellen, wie lange jene Parasiten zu hungern vermögen, also zu ermitteln, welche Zeit denselben für eine Wanderung solcher Art zur Verfügung steht. Aus diesem Grunde wurden entsprechende Versuche mit der Apfelblattlaus (*Aphis pomi* de Geer) und der Blutlaus (*Schizoneura lanigera* Hausmann) angestellt.

### *1. Versuch mit der Apfelblattlaus* (*Aphis pomi* de Geer).

Mehrere hundert ungeflügelte Blattläuse wurden mit Hilfe eines feinen Pinsels von stark befallenen Zweigen in eine größere Petri-

schale übertragen und in bestimmten Zeitabständen das Ergebnis festgestellt. Dasselbe war wie folgt:

Nach 24 Stunden war der größte Teil der Läuse noch am Leben;
„ 48 „ war ein großer Teil derselben abgestorben;
„ 72 „ war nicht 1 % der Läuse mehr am Leben und
„ 116 „ (evtl. schon früher) waren alle Läuse tot.

*2. Versuch mit der Blutlaus (Schizoneura lanigera* Hausm.).

Einige tausend Blutläuse (Virgines und Larven) wurden mittels eines feinen Pinsels von einem sehr stark befallenen Zweig in große Petrischalen übertragen und in bestimmten Zeitabständen das Ergebnis festgestellt. Dasselbe war wie folgt:

Nach 24 Stunden waren kaum tote Läuse vorhanden;
„ 48 „ waren noch sehr viele Läuse am Leben;
„ 72 „ war das Ergebnis kaum verändert;
„ 96 „ war nur noch ein geringer Prozentsatz der Läuse am Leben;
„ 120 „ fanden sich noch einige lebende Läuse vor und
„ 160 „ (wohl schon bedeutend früher) waren alle Läuse tot.

Zu bemerken ist hierbei, daß die jüngeren Larven bedeutend widerstandsfähiger waren; dies zeigte sich besonders deutlich bei der nach 96 Stunden vorgenommenen Kontrolle.

Wenn nun festgestellt wurde, daß die ungeflügelten Individuen der Apfelblattlaus (Larvenstadien und Virgines) eine 4—5tägige Hungerkur und die ungeflügelten Exemplare der Blutlaus (Larvenstadien und Virgines) eine solche von 5—7 Tagen nicht überstehen, so bedeutet das, daß evtl. von den Wirtspflanzen abwandernde Läuse immerhin noch ganz beträchtliche Strecken zurückzulegen vermögen. Wenn man z. B. annimmt, daß die Blutläuse nur etwa die Hälfte der ermittelten Zeit von 7 Tagen, also 3½ Tage wandern, und man eine Fortbewegungsgeschwindigkeit von etwa 1 mm pro Sekunde in Anrechnung bringt, so würde der zurückgelegte Weg bereits ca. 300 m betragen. Für eine Überwanderung auf andere, unbehandelte Bäume würde dies immerhin genügen. Nun ist aber zu berücksichtigen, daß die Tiere nicht direkt, also nicht auf geradem Wege einer anderen Nahrungsquelle zustreben. Sie werden vielmehr auf der Suche nach einer solchen auf den Zweigen und Blättern ihrer Wirtspflanze umherlaufen, und schließlich aus Nahrungsmangel zu Grunde gehen. Für evtl. auf die Erde gelangende Exemplare bestünde gewisse Aussicht, eine Nahrungsquelle zu erreichen, doch ist hierbei zu beachten, daß die Bäume meist nicht sehr dicht beieinander stehen. Es müßte daher als Zufall betrachtet werden, fände tatsächlich eine Überwanderung der ungeflügelten Blutläuse auf diesem Wege statt. Dies mag eher in solchen Fällen möglich sein, wo sich Blätter und Zweige benachbarter Bäume berühren. Im übrigen

sei darauf hingewiesen, daß die Verbreitung der Blutläuse wie auch der Blattläuse vornehmlich durch geflügelte Individuen erfolgt.

Kommen wir nun auf die gestellte Frage zurück, so darf wohl mit einigem Recht angenommen werden, daß in bestimmten Fällen[1]) auch die Anwendung solcher Stoffe gutgeheißen werden kann, deren Wirkung sich in einem Umherwandern sonst seßhafter Parasiten (Blattläuse, Blutlaus u. s. w.) äußert. Dies Umherwandern, das wie gesagt ein Suchen nach einer neuen Nahrungsquelle ist, zeigt im übrigen an, daß die nunmehr in der Pflanze vorhandenen Säfte den Tieren nicht zusagen. Die betreffende Pflanze zeigt also das Verhalten zeitweilig immuner Pflanzen, das zu erreichen im übrigen angestrebt wird (vgl. S. 62).

Was nun die Dosis curativa der anzuwendenden Stoffe betrifft, so haben wir in bezug auf die Wirkung derselben auf tierische Parasiten demnach zwischen solchen Stoffen zu unterscheiden, die lediglich eine vorübergehende Unanfälligkeit hervorrufen und somit indirekt wirken und solchen, die die Parasiten abtöten, also direkt wirken. Letztgenannte Stoffe können möglicherweise beide Eigenschaften in sich vereinigen. In diesem Falle findet bei Anwendung zu schwacher Dosen (Konzentrationen) Abwanderung, bei stärkeren Dosen Abwanderung und Abtötung und letzten Endes bei Einführung ausreichender Mengen eines toxischen Stoffes nur eine Abtötung statt (vgl. Versuche mit Pyridin S. 80). Um nun diese Unterschiede in der Wirkung der Stoffe im Index zum Ausdruck bringen zu können, schlage ich folgende Bezeichnungen vor:

$c^i$ = bei vorübergehender Immunität der Pflanzen (jedoch restloser Abwanderung der Parasiten);

$c^{i+t}$ = bei vorübergehender Immunität der Pflanzen (teilweiser Abwanderung der Parasiten) und gleichzeitig auftretenden toxischen Wirkungen (Abtötung der nicht abwandernden Parasiten);

$c^t$ = bei restloser Abtötung der Parasiten an der Pflanze (eine Abwanderung der Parasiten unterbleibt).

Bemerkt sei hierzu, daß nach den bisherigen Erfahrungen zu urteilen, $c^i < c^{i+t} < c^t$ sein dürfte. Das Ziel, mit Hilfe des inneren Heilverfahrens eine vorübergehende Immunität der Pflanzen auf künstlichem Wege zu erreichen, wird also möglicherweise überschritten werden können, da wir voraussichtlich Stoffe zur Anwendung zu bringen vermögen (z. B. Pyridin), mit welchen nicht nur eine Immunität, sondern auch eine Abtötung tierischer Parasiten erreicht werden kann.

**Die Dosis curativa (= Faktor c) ist im übrigen, sofern eine innere Therapie in Betracht kommt, zu kennzeichnen durch diejenige Kon-**

[1]) Bei Fehlen geflügelter Individuen, bei Behandlung einer größeren Anzahl auf einem Grundstück befindlichen Bäume usw.

**zentration (wässerige Lösung oder Verdünnung) des angewandten Stoffes, die bei völliger Durchtränkung der Pflanze[1]) gerade noch eine ausreichende Wirkung (vgl. oben) auf die zu bekämpfenden Parasiten oder nicht parasitären Krankheiten derselben ausübt.**

Die Dauer der Immunität der behandelten Pflanze, die Dauer der Aufnahme, die Art und der Entwicklungszustand der Pflanze sowie des Parasiten bzw. der Krankheit, und ferner die näheren Umstände, wie Temperatur, Beleuchtung und andere mehr, sind hierbei in Betracht zu ziehen.

Kommen wir nun auf die vorbeschriebenen, mit Pyridin angestellten Versuche zurück, so genügen diese also keineswegs zur Bestimmung des Faktors c (bzw. von $c^i$, $c^{i+t}$ oder $c^t$). Im übrigen gilt für die Übertragung der Laboratoriumsversuche in die Praxis das im vorigen Kapitel Gesagte (vgl. S. 136). Des weiteren scheint es, sofern wir ganz allgemein die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen in Betracht ziehen, als sei der Unterschied zwischen der Dosis curativa und der Dosis toxica nicht sehr erheblich, was, wenn wir die große Empfindlichkeit der Pflanzen in Berücksichtigung ziehen, durchaus erklärlich ist. Der Index c/t wird also ziemlich groß sein (auch wenn $c = c^i$), was aber gerade in bezug auf das innere Heilverfahren von erheblichem Nachteil ist. **Es gilt also, vor allem Stoffe zu finden, die auf irgendwelche Parasiten oder Krankheiten bestimmter Pflanzen in geringeren Mengen (schwachen Konzentrationen) in genügendem Maße wirken, und die andererseits von den Pflanzen selbst in größeren Mengen (starken Konzentrationen) ohne Schaden ertragen werden.**

### 3. Zur Ausbreitung von Stoffen in den Pflanzen.

Im engsten Zusammenhange mit dem Problem stehen auch die Versuche, die sich mit der Ausbreitung von Stoffen in den Pflanzen befassen; denn es ist, um eine schnelle, und zwar durchgreifende Wirkung zu erzielen, unbedingt erforderlich, daß eine rasche und dabei gleichmäßige Verteilung der anzuwendenden Stoffe in der Pflanze erfolgt.

Wie schon gelegentlich der kurzen Besprechung der anatomisch-physiologischen Verhältnisse der Pflanze erwähnt (vgl. S. 69—72), dienen für den Transport der Stoffe, seien dies nun schwache Nährlösungen oder, wie in unserem Falle, Flüssigkeiten bestimmter Zusammensetzung, die Gefäße. Für die Durchtränkung des lebenden Gewebes kommt hingegen eine Wanderung der Stoffe von Zelle zu Zelle in Betracht.

Was die Faktoren anbelangt, die auf die Bewegung der in den Gefäßen zirkulierenden Flüssigkeiten bestimmend einwirken, und die auch von Einfluß auf den Grad deren Ausbreitung in

[1]) Siehe Fußnote S. 135.

Tabelle Nr. IV.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Pflanzenart | Versuchsdauer | Temperatur | Beleuchtung | Ergebnis am: 5. April 23 | 6. April 1923 | 7. April 1923 | 9. April 1923 | 11. April 1923 | 13. April 1923 | Gesamtergebnis im Vergleich zur Kontrolle nach 10 Tagen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3. April 1923 | Salpetersäure | 1 : 10000 | Flieder | 10 Tage | Zimmertemperatur | Diffuses Licht | Keine Veränderung | Trieb gewachsen | wie am 6. 4. 23 | einige der unteren Blätter verdorrt | wie am 9. 4. 23 | einige der unteren Blätter verdorrt, sonst frisch | etwas besser |
| 2 | | Aluminiumsulfat | 1 : 500 | | | | | | " | " | " | ein Teil der Blätter verdorrt | alte Blätter ± beeinflußt | viel schlechter |
| 3 | | Magnesiumsulfat | 1 : 500 | | | | | | " | " | wie am 7. 4. 23 | untere Blätter verdorrt | einige der unteren Blätter verdorrt, sonst normal | etwas besser |
| 4 | | Baryumchlorid | 1 : 500 | | | | | | " | " | " | Blätter an den Spitzen gekräus., die unteren dürr | alle Blattspitz. braun, beschädigt | viel schlechter |
| 5 | | Kaliumchlorid | 1 : 100 | | | | | | " | " | " | " | schwer beschädigt, alle Blätter eingerollt, braun | " " |
| 6 | | Natriumchlorid | 1 : 500 | | | | | | " | " | " | " | alle Blattspitz. braun, beschädigt | " " |
| 7 | | Kupfersulfat | 1 : 5000 | | | | | | " | " | " | wie am 9. 4. 23 | nur die unteren kleinen Blättchen verdorrt, sonst frisch | wie die Kontrolle |
| 8 | | Zinkacetat | 1 : 500 | | | | | | Trieb nicht gewachsen, Triebspitze abgeknickt | " | " | " | schwer beschädigt | viel schlechter |
| 9 | | Quecksilberbichlorid | 1 : 5000 | | | | | | Trieb gewachsen | " | " | untere Blätter verdorrt | nur die unteren kleinen Blättchen verdorrt, sonst frisch | wie die Kontrolle |
| 10 | | Alkohol absolut | 1 : 500 | | | | | | Trieb etwas gewachsen | " | " | wie am 9. 4. 23 | wie am 11. 4. 23 | viel besser |
| 11 | | Chloralhydrat | 1 : 1000 | | | | | | Trieb gewachsen | " | " | " | " | " " |
| 12 | | Pyridin | 1 : 500 | | | | | | " | " | " | " | " | " " |
| 13 | | Wasser | — | | | | | | Trieb nicht gewachsen | " | " | die unteren Blätter dürr | die unteren Blätter dürr, sonst frisch | — |

den Geweben sind, so sind diese verschiedenster Art. In Betracht kommen in erster Linie die äußeren Verhältnisse, so die Temperatur, der Feuchtigkeitsgrad und die Bewegung der Luft, ferner auch die Beleuchtung. Wärme, Trockenheit, Wind und Sonnenschein (bzw. Sonnenlicht) fördern die Transpiration. Auch die Größe der transpirierenden Flächen (Anzahl der Spaltöffnungen der Blätter) spielt eine bedeutende Rolle. — Während nun in den Gefäßen bzw. im Xylem jede Flüssigkeit den Verhältnissen entsprechend mehr oder weniger schnell zirkuliert, gilt dies für den Transport derselben von Zelle zu Zelle (d. h. die Ausbreitung in den Geweben) nicht so ohne weiteres, wennschon gerade die durch die Transpiration geschaffenen Zustände der Zellen den Transpirationsstrom beeinflussen. Ein Diosmieren, also ein Eindringen der Flüssigkeiten in die Zellen ist nur dann möglich, wenn Zellwand und Protoplast für dieselben permeabel sind, und wenn zwischen der aufzunehmenden Flüssigkeit und dem in der Zelle enthaltenden Zellsafte ein Konzentrationsunterschied besteht. Für gewöhnlich findet hier ein Ausgleich derart statt, daß die Flüssigkeit niederer Konzentrationen nach derjenigen höherer Konzentration fließt. Bei dem Übertritt von Flüssigkeiten aus einer Vakuole in die andere der Nachbarzelle müssen diese also erst in das Plasma, ferner in die Zellwand, dann wiederum in das Plasma, sowie in die Vakuole der anderen Zelle eintreten. Die Schwierigkeit, Zellwände zu durchdringen, wäre nun besonders groß, wenn diese dick sind; sie wird jedoch dadurch überwunden, daß alle dicken Zellhäute mit Tüpfeln usw. versehen sind. Die ungleiche Permeabilität hat im übrigen Overton (1895, 1899 und 1900) versucht auf das Prinzip der „auswählenden Löslichkeit" zurückzuführen; es sollen hiernach nur solche Stoffe in die Zellen eindringen können, die in der Hautschicht des Plasmas löslich sind. Am schnellsten dringen nun diejenigen Substanzen ein, die sich leicht in fetten Ölen lösen. Da aber nun nicht angenommen werden kann, die ganze Hautschicht des Plasmas bestände aus Öl, so stellte Overton die Hypothese auf, ihr maßgebender Bestandteil sei Cholesterin (Lipoidtheorie). Durch eine Cholesterinhaut kann nach Overton ebensogut Öl wie Wasser aufgenommen werden. Nathanson (1902—04) verwirft, da nach seinen Feststellungen das Lösungsvermögen des Cholesterins durch Wasseraufnahme völlig verändert wird, die Annahme einer homogenen Hautschic
Er vermutet, daß eine Art von Mosaik abwechselnd zusammengesetzt a
Cholesterin und lebenden Plasmateilchen die Peripherie des Plasmas ei
nimmt. Die Cholesterin-Moleküle würden ein Eindringen der fettlöslich
Stoffe bedingen, die Plasmateile den Durchschnitt von Wasser und Salz
Ruhland (1912, 1913, 1914) spricht sich gegen die Lipoidtheorie a
da die Proportionalität zwischen Aufnahmefähigkeit und Lipoidlöslichk
bei den künstlichen organischen Farbstoffen durchaus keine strenge i
Es diosmieren auch gänzlich fettunlösliche Farbstoffe; andererseits g

es fettlösliche Farbstoffe, die zurückgehalten werden. Nach Ruhland bestimmt ausschließlich die Größe der Teilchen bei diesen Kolloiden, ob sie eindringen können oder nicht. Die Teilchengröße wird mit Hilfe der sogenannten Ultrafiltration (Filtration durch konsistente Gallerte) festgestellt. Ruhland kommt zu dem Ergebnis, daß das Eindringen durch Poren des Plasmas erfolgt. Dieser „Ultrafilterregel" fügen sich auch Stoffe, die in natura in der Pflanze kolloidal vorkommen. Weiterhin diosmieren im allgemeinen Stoffe, die einen geringen Haftdruck haben (Traubesche Haftdrucktheorie), z. B. Alkohole, Äther usw. leicht. Nicht kapillaraktive Stoffe z. B. Salze dringen langsam, eventuell gar nicht ein.

Wenn man alle jene Umstände, wie auch die periodischen Schwankungen in der Stärke des Transpirationsstromes in Berücksichtigung zieht, sowie unter den für eine Behandlung der Pflanzen in Betracht kommenden Stoffen eine entsprechende Auswahl trifft, so wird es dem Versuchsansteller immerhin möglich sein, einen gewissen Einfluß auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit auszuüben. Ich verweise hier im übrigen auf meine früheren Ausführungen (vgl. S. 69).

Die Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Stoffen (Flüssigkeiten) in den Gefäßen kann auf verschiedene Weise erfolgen. So hat Sachs (1878) die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in den verschiedensten Pflanzen dadurch ermittelt, daß er dieselben Lösungen von Lithiumnitrat durch die Wurzeln aufnehmen ließ. Die Untersuchung erfolgte auf spektralanalytischem Wege. Sachs stellte auf diese Weise folgende Steighöhen pro Stunde fest:

| | | |
|---|---|---|
| *Acacia lophanta* | = 154 | cm |
| *Nicotiana tabacum* | = 118 | „ |
| *Musa sapientum* | = 100 | „ |
| *Cucurbita pepo* | = 63 | „ |
| *Podocarpus macrophylla* | = 18,7 | „ |

Versuche allgemeiner Art haben im übrigen Boucherie (1840), MacNab (1871), Tschermak (1896), Mokrzecki (1903), Shewirjeff (1903), Rumbold (1913—1915) und Rankin (1917) vorgenommen; Angaben in bezug auf die absorbierten Mengen finden wir bei Shewirjeff (1903) und Rumbold (1913—1915) (vgl. Referate).

An Stelle der an größeren Objekten vorgenommenen Freilandversuche, die nur ungenaue Resultate ergeben können (vgl. S. 97), treten zweckmäßigerweise Laboratoriumsversuche. Hier scheint nun folgende Versuchsanordnung brauchbar zu sein: Man wählt einen abgeschnittenen Zweig der zu behandelnden, d. h. später von Parasiten oder Krankheiten zu befreienden Pflanzenart, und stellt denselben in die zu prüfende Flüssigkeit, die in eine Mensur eingefüllt wird, ein. Um nun auch die Menge des

transpirierten Wassers bestimmen zu können, wird das Ganze auf eine Wage gestellt und bei Versuchsbeginn gewogen. In bestimmten Zeitabständen wird alsdann eine Wägung vorgenommen und auf diese Weise jeweils der Gewichtsverlust, der der Menge des von dem Zweig transpirierenden Wassers entspricht, festgestellt. Gleichzeitig wird aber auch die Menge der vom Zweige aufgenommenen Flüssigkeit durch Ablesen ermittelt. Das Gefäß (die Mensur) muß im übrigen, um eine Verdunstung der Flüssigkeit zu vermeiden, gut abgedichtet werden. Man kann dies z. B. durch Olivenöl erreichen (vgl. Abb. 17). Kleinere Zweige, Blüten,

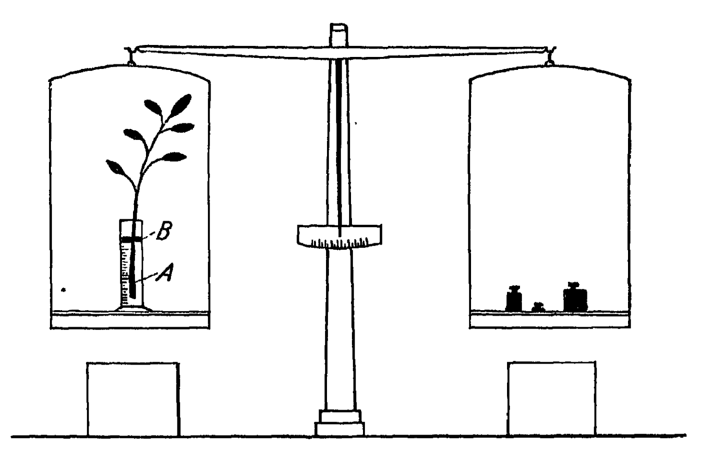



Abb. 17.

Apparatur zur Feststellung der Menge des von einem Zweig transpirierten Wassers, der von ihm aufgenommenen Menge einer Flüssigkeit und der Wirkung der letzteren auf denselben.
A graduierter, die zu prüfende Flüssigkeit enthaltender Zylinder.
B Ölschicht.

Blätter usw. stellt man am besten in kleine Eprouvetten ein, die man mit einem dünnen Blumendraht an dem Wagebalken einer feineren Wage (Apothekerwage) aufhängt. Auch hier ist eine Absperrung der Flüssigkeit durch Olivenöl nötig (vgl. Abb. 18). Aus einem Vergleich zwischen der Menge des transpirierten Wassers und der Menge der von den Zweigen usw. aufgenommenen Flüssigkeit kann man so ohne weiteres keine Schlüsse ziehen, da es sich hier um zwei voneinander physiologisch geschiedene Vorgänge handelt, die nicht ohne weiteres quantitativ in kausale Verbindung gebracht werden können. Nur bei länger andauernden Versuchen ist hier ein gewisser Parallelismus vorhanden. Um nun einerseits eine Schädigung durch Speicherung der in den Flüssigkeiten gelösten Substanzen zu vermeiden, andererseits aber auch eine völlige Durchtränkung der Zweige usw. zu erzielen, soll auch hier der Versuch nur so lange dauern, bis eine dem Gewichte des Versuchszweiges bzw. dessen Wassergehalt entsprechende

Tabelle V.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Pflanzenart | Versuchsdauer | Temperatur | Beleuchtung | Ergebnis am | | | | Ergebnis im Vergleich zur Kontrolle (Wasser) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 24. April 1923 | 26. April 1923 | 28. April 1923 | 30. April 1923 | |
| 1 | 20. 4. 23 | Schwefelsäure | 1 : 20000 | Flieder | 10 Tage | Zimmertemperatur | Diffuses Licht | Pflanzen frisch | Beginnendes Welken d. Blätter | Beginnendes Welken d. Blätter | Blätter welk | schlechter |
| 2 | „ | Salzsäure | 1 : 10000 | | | | | | Blätter welk | Blätter welk | Blätter welk | schlechter |
| 3 | „ | Ätznatron | 1 : 500 | | | | | | Blätter welk | Blätter welk | Blätter welk | schlechter |
| 4 | „ | Kupferacetat + Ammon. | 1 : 5000 [1]) | | | | | | Trieb frisch | Trieb frisch | Trieb frisch | besser |
| 5 | „ | Ameisensäure 50 % | 1 : 5000 | | | | | | Trieb frisch | Trieb frisch | Beginnendes Welken d. Blätter | wie Kontrolle |
| 6 | „ | Eisessig | 1 : 10000 | | | | | | Trieb frisch | Trieb frisch | Beginnendes Welken d. Blätter | wie Kontrolle |
| 7 | „ | Phenol crist. | 1 : 5000 | | | | | | Beginnendes Welken d. Blätter | Beginnendes Welken d. Blätter | Beginnendes Welken d. Blätter | schlechter |
| 8 | „ | Wasser | — | | | | | | Trieb frisch | Trieb frisch | Beginnendes Welken d. Blätter | — |
| 9 | „ | Nährlösung (v. Crone) | — | | | | | | Trieb frisch | Trieb frisch | Beginnendes Welken d. Blätter | — |

[1]) Auf Kupferacetat berechnet.

Menge der zu prüfenden Flüssigkeit aufgenommen ist. Sollte der Versuch an sich nur kurze Zeit in Anspruch nehmen, so ist es, um jenen Parallelismus in Wasserabgabe und Flüssigkeitsaufnahme zu erreichen, erforderlich, den Zweig zunächst einmal in Wasser einzustellen. Nachdem sich alsdann ein gewisses Gleichgewicht eingestellt hat, kann der eigentliche Versuch mit der zu prüfenden Flüssigkeit (natürlich unter völlig gleichen Verhältnissen) beginnen. Die hierbei erhaltenen Zahlen geben alsdann auch Aufschluß darüber, ob die Flüssigkeit schneller oder langsamer als das Wasser

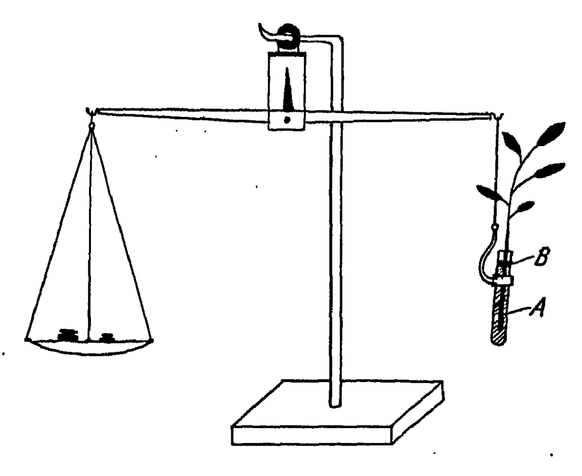



Abb. 18.
Apparatur zur Feststellung der Menge des von einem Zweig transpirierten Wassers, der von ihm aufgenommenen Menge einer Flüssigkeit und der Wirkung der letzteren auf denselben. Diese Apparatur kommt in Betracht, sofern es sich um kleinere Objekte handelt.
A Eprouvette. B Ölschicht.

aufgenommen wird, und sofern der Zweig noch einige Zeit nach Beendigung des Versuches zwecks weiterer Beobachtung in Wasser gestellt wird, auch darüber, ob dieselbe schädlich oder unschädlich ist (vgl. Versuche zur Bestimmung der Dosis tolerata bzw. toxica). Es lassen sich somit in einem Versuchsgang Feststellungen in bezug auf die Aufnahmegeschwindigkeit im Vergleich zu der des Wassers, in bezug auf die aufgenommene Menge im Vergleich zur Menge des transpirierten Wassers und in bezug auf die Wirkung auf die Versuchspflanze machen. Im übrigen ist mit Bestimmtheit anzunehmen, daß die Zellenmembranen und der Protoplast für solche Flüssigkeiten, die sich bei Prüfung nach der im vorigen Abschnitt angegebenen Methode als unschädlich für die Versuchszweige (Flieder) erwiesen haben (vgl. S. 135) leicht permeabel sind.

Was die Bestimmung des Grades der Ausbreitung der aufgenommenen Stoffe in den Geweben im besonderen betrifft, so gibt es hier spezielle Methoden. Diese beruhen vornehmlich auf Fest-

stellungen in bezug auf die osmotischen Eigenschaften der Zellen. Nähere Angaben über diesen Gegenstand finden sich bei Höber (1922); im Nachfolgenden sei das Wichtigste hierüber mitgeteilt.

Von der Annahme ausgehend, daß es verschiedene Grade der Permeabilität für die verschiedenen Stoffe gibt, muß sich hier eine geringe Permeabilität dadurch dokumentieren, daß in hypertonischer Lösung zuerst Plasmolyse eintritt, die alsdann allmählich, je mehr sich die osmotische Druckdifferenz durch langsame Diffusion ausgleicht, zurückgeht. Bei großer Permeabilität braucht selbst bei stärkster Hypertonie keine Plasmolyse einzutreten, weil hier der Konzentrationsausgleich fast augenblicklich eintreten kann. Ein Maß für die Größe der Permeabilität kann man

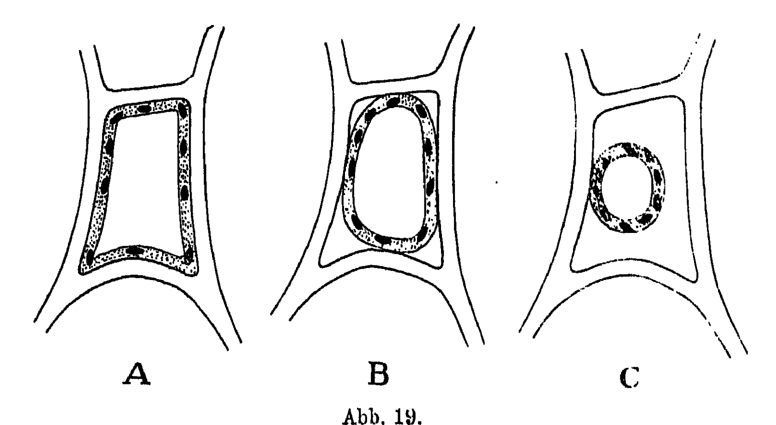



Abb. 19.
A. Das Aussehen von Zellen in einer zur Plasmolyse noch nicht hinreichend konzentrierten „hypotonischen" Lösung. B. in einer fast noch „isotonischen" Lösung. C. in einer „hypertonischen" Lösung.

nun nach Lepeschkin (1908, 1909) und Tröndle (1910) auf folgende Weise gewinnen: Sei C die plasmolytische Grenzkonzentration [1]), eines nicht permeierenden Stoffes, so genügt von einem Stoff, für welchen die Zelle etwas permeabel ist, offenbar nicht die Konzentration C, um eine eben beginnende Plasmolyse zu erzeugen, sondern man muß bis zu der höheren Konzentration $C_1$ gehen, bis Grenzplasmolyse eintritt; die plasmolysierende Lösung hat also einen scheinbaren relativen Konzentrationsverlust $\frac{C_1 - C}{C_1} = U$ erlitten. U ist dann das Maß der Permeabilität und

[1]) Unter plasmolytischer Grenzkonzentration (-isotonische Konzentration) eines Stoffes versteht man die Konzentration, die gerade im Stande ist eine Plasmolyse hervorzurufen. In solchen Fällen, wo die umspülende Lösung und der Zellinhalt denselben osmotischen Druck haben, sind Lösung und Inhalt „isotonisch" (de Vries) oder „isosmotisch" (Tamann). Es genügt in diesem Falle den osmotischen Druck der Außenflüssigkeit der „plasmolytischen Grenzlösung" zu ermitteln, um den osmotischen Druck des Zellinhaltes kennen zu lernen. Im Gegensatz zu isotonischen Lösungen stehen solche geringerer und stärkerer Konzentration, die man als „hypotonisch" bzw. als „hypertonisch" bezeichnet (vgl. Abb. 19).

deshalb als „Permeabilitätsfaktor" bezeichnet worden (vgl. Abb. 20). gen diese Methode sind indessen von Fitting (1915, 1917, 1919) ver- iedene Einwände erhoben worden, vor allem der, daß dieselbe auf der wendung von isotonischen Koeffizienten beruht, für deren Werte oft schwer eine Erklärung gegeben werden kann.

Fitting wählt zur Bestimmung des Grades der Permeabilität die Ge- windigkeit der Deplasmolyse. Wenn z. B. anfänglich 1 Mol $KNO_3$ smolysiert, nach $^1/_4$ Stunde die Plasmolyse aber zurückgegangen ist nun erst 0,1025 Mol Grenzplasmolyse hervorrufen, so kann man sagen, in dieser $^1/_4$ Stunde 0,0025 Mol $KNO_3$ eingetreten sind.

Ein anderes Verfahren ist das von Höfler (1918); es gründet sich seine plasmometrische Methode[1]). Besteht nun (hypertonische ungen) Permeabilität für den plasmolysierenden Stoff, so erreicht die smolyse keinen konstanten Endwert, sondern sie geht mehr oder weniger ch zurück. Das relative Volumen des Protoplasten nimmt also wieder die errechnete isotonische Konzentration bekommt also jetzt den ßeren Wert $K_1$. Als Maßstab für den Grad der Permeabilität gilt als- n die Differenz zwischen $K_1$ und $K$; es ist diejenige Konzentration, die in der Zeit zwischen der ersten und zweiten Messung die Innenkon- tration zugenommen hat.

Erwähnt sei ferner die Methode der Turgormessung von de Vries 84) und Brooks (1916) bei welcher Pflanzenteile untersucht werden, sich infolge ungleichmäßiger Verteilung der Turgorspannung gekrümmt en und deren Krümmung durch Verstärkung des osmotischen Außen- ckes verhindert werden kann. Wenn man nun mit verschiedenen otischen Lösungen die Krümmung um einen bestimmten, jedesmal ichgroßen Betrag vermindert, so zeigt sich, daß sich bei solchen gelösten ffen, für welche die Protoplasten permeabel sind, die Anfangskrümmung der herstellt, wobei dann die Geschwindigkeit des Rückgangs ein Maß Permeabilität darstellt.

Eine weitere Methode zur Bestimmung des Grades der Permeabilität die optische Messung der Permeabilität. Man verwendet hierbei ffe, die im Inneren der Zellen sichtbar werden, und zwar Farbstoffe. se dienen als Indikator, der durch Farbumschlag das Eindringen der prüfenden Lösungen anzeigt. Als Indikator können auch natürliche,

[1]) Höfler (1918) hat, da eine genaue Bestimmung der plasmolytischen Grenzkonzen- on oft dadurch erschwert ist, daß sich der Protoplast durch einen geringen äußeren rdruck schlecht von der Zellulosehaut ablösen läßt, vorgeschlagen mit einer kräftig hyper- schen Lösung zu plasmolysieren und aus der Verkleinerung des Protoplasmavolumens isotonische Konzentration zu berechnen. Sei z. B. der Protoplast auf $^3/_4$ seines Volumens uziert, also seine Innenkonzentration auf $^4/_3$ des ursprünglichen Wertes erhöht, dann muß die mische Konzentration gleich $^3/_4$ der verwendeten hypertonischen Konzentration sein. Konzentration der hypertonischen Lösung $\times$ Volumen des Protoplasten der plasmoly- ten Zellen = isotonische bzw. plasmolytische Grenzkonzentration.

im Zellinnern enthaltene Farbstoffe, so Anthozyane usw., verwendet werden (vgl. Versuche S. 109). Im übrigen hat man basische Farbstoffe, vor allem Neutralrot, für welche die Zellhäute aller Zellen permeabel sind, benutzt. Dieser Farbstoff spricht namentlich auf Basen gut an (Umschlag nach Orange bis Gelb).

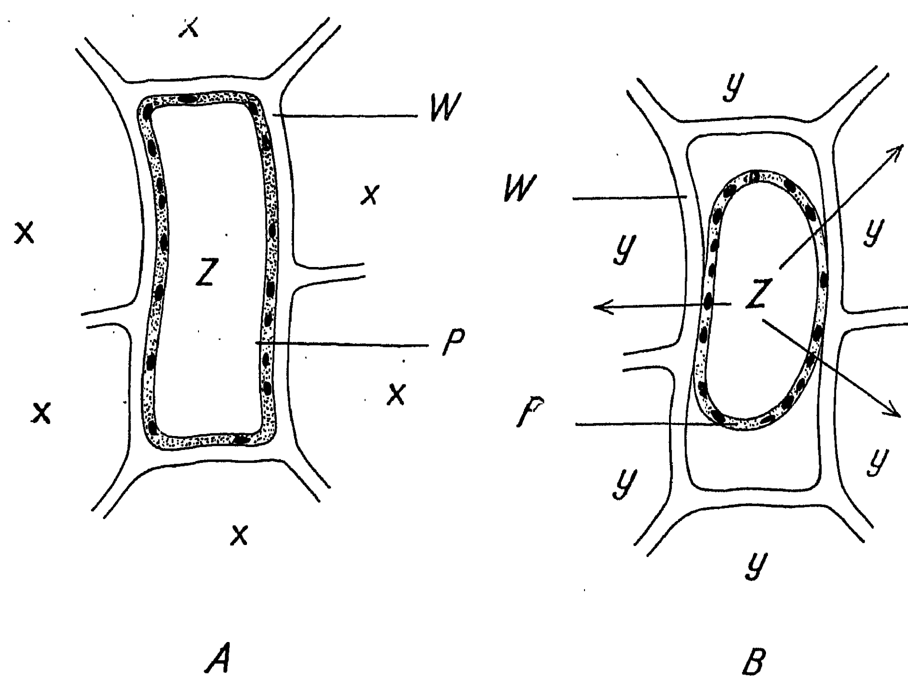



Abb. 20.

A. Protoplast für den die Zelle umgebenden Stoff (x), der die plasmolytische Grenzkonzentration C hat, impermeabel. Da also der Stoff und der Zellsaft (Z) gleichen osmotischen Druck haben, findet keine Plasmolyse statt. B. Protoplast für den die Zelle umgebenden Stoff (y) permeabel; derselbe erzeugt jedoch erst in einer Konzentration $C_1$, die je nach dem Grade der Permeabilität entsprechend stärker sein muß als die des Zellsaftes (Z), eine eben beginnende Plasmolyse. W = Zellwand; P = Protoplast.

Besonders genaue Methoden verdanken wir Newton Harvey (1911 und 1913). Derselbe färbte *Elodea*blätter und *Spirogyren* mit Neutralrot, legte sie in äquinormale Lösungen verschiedener Basen und maß die Zeit bis zum Farbenumschlag. Das Ergebnis ist aus folgender Zusammenstellung zu ersehen:

Geschwindigkeit des Eindringens von 1:40-norm. Basen in Blätter von *Elodea*.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| NaOH | 25 Min. | $Sr(OH)_2$ | 15 Min. | $NH_3$ | 0,5 Min. |
| KOH | 22 „ | $Ba(OH)_2$ | 15 „ | $NH_3(CH_3)OH$ | 1 „ |
| $Ca(OH)_2$ | 23 „ | $N(C_2H_5)_4OH$ | 30 „ | $NH(CH_3)_2OH$ | 2 „ |

Tabelle Nr. VI.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Pflanze | Gewicht des Zweiges | Aufg. Flüssigkeitsmenge | Dauer der Aufnahme | Zweiggewicht: zur Menge der aufgenommenen Flüssigkeit | Zweiggewicht: Präparat | Versuchsdauer | Temperatur | Beleuchtung | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | g | ccm | | | | Tg. | | | |
| 1 | 25. 4. 24 | Schwefelsäure . . . . | 1 : 20000 | Flieder | 11 | 11 | 20 St. | 1 : 1 | 20000 : 1 | 10 | Zimmertemperatur variierte zwischen 11 und 25 ° C. | Kurze Zeit in Sonne gestellt, sonst diffuses Licht. | Am 2. 5. tadellos. Am 5. 5. kleine Blättchen an der Basis der grünen Triebe welk (wie bei der Kontrolle), sonst frisch. |
| 2 | 25. 4. 24 | Salzsäure . . . . . . | 1 : 10000 | | 14 | 12 | 20 „ | 1,16 : 1 | 11600 : 1 | 10 | | | Desgleichen. |
| 3 | 25. 4. 24 | Salpetersäure . . . . | 1 : 10000 | | 14 | 14 | 20 „ | 1 : 1 | 10000 : 1 | 10 | | | Desgleichen. |
| 4 | 25. 4. 24 | Ätznatron . . . . . . | 1 : 5000 | | 10 | 7,5 | 20 „ | 1,33 : 1 | 6650 : 1 | 10 | | | Am 2. 5. unmerklich schlechter als die Kontrolle. Am 5. 5. wie oben aber auch einige Blätter welk. |
| 5 | 25. 4. 24 | Ätznatron . . . . . . | 1 : 500 | | 13 | — | — | — | — | — | | | Am 2. 5. Flüssigkeit noch nicht aufgenommen, Zweig völlig verwelkt. |
| 6 | 25. 4. 24 | Aluminiumsulfat . . . | 1 : 500 | | 18 | 16,75 | 20 „ | 1,07 : 1 | 535 : 1 | 10 | | | Am 2. 5. Blätter z. T. mit braunen Flecken; sie fallen bei Berührung leicht ab. Am 5. 5. Schädigung an den unteren Blättern. |
| 7 | 28. 4. 24 | Magnesiumsulfat . . . | 1 : 500 | | 15,5 | 14,5 | 5 T. | 1,07 : 1 | 535 : 1 | 7 | | Diffuses Licht. | Am 3. 5. zwei Zweige welk, ein Zweig frisch. Am 5. 5. desgleichen. |
| 8 | 28. 4. 24 | Baryumchlorid . . . . | 1 : 5000 | | 13,5 | 13,5 | 2 T. | 1 : 1 | 5000 : 1 | 7 | | | Am 2. und 5. 5. Zweig frisch, besser als die Kontrolle. |
| 9 | 28. 4. 24 | Kaliumchlorid . . . . | 1 : 100 | | 11,5 | 11,5 | 68 St. | 1 : 1 | 100 : 1 | 7 | | | Am 2. und 5. 5. schwache Schädigung, Blätter z. T. mit braunem Rand. |
| 10 | 28. 4. 24 | Natriumchlorid . . . . | 1 : 500 | | 8,5 | 7,5 | 88 „ | 1,13 : 1 | 565 : 1 | 7 | | | Nach 88 Stund., beim Umsetzen in Wasser, etwas angewelkt. Am 5. 5. Blätter welk, keine Schädigungen bzw. Bräunungen. |
| 11 | 28. 4. 24 | Kupfersulfat . . . . . | 1 : 5000 | | 15 | 15 | 40 „ | 1 : 1 | 5000 : 1 | 7 | | | Am 2. 5. tadellos. Reizwirkung! Am 5. 5. bedeutend besser als die Kontrolle. |
| 12 | 28. 4. 24 | Zinkacetat . . . . . . | 1 : 5000 | | 12,5 | 12,5 | 88 „ | 1 : 1 | 5000 : 1 | 7 | | | Am 2. 5. wie die Kontrolle. Am 5. 5. grüne Triebe z. T. welk, keine Bräunung der Blätter. |

Fortsetzung auf Seite 156.

Fortsetzung von Seite 155.

| Nummer | Datum | Präparat | Konzentration | Pflanze | Gewicht des Zweiges | Aufg. Flüssigkeitsmenge | Dauer der Aufnahme | Zweiggewicht: zur Menge der aufgenommenen Flüssigkeit | Zweiggewicht: Präparat | Versuchsdauer | Temperatur | Beleuchtung | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | g | ccm | | | | Tg. | | | |
| 13 | 28. 4. 24 | Alkohol absolut . . . . | 1 : 500 | Flieder | 14 | 14 | 5 T. | 1 : 1 | 500 : 1 | 7 | Zimmertemperatur variierte zwischen 11 und 25 ° C. | Diffuses Licht | Nach Aufnahme von ca. 10 ccm ein Zweig welk. Am 5. 5. ein Zweig welk, zwei tadellos. |
| 14 | 28. 4. 24 | Chloralhydrat . . . . | 1 : 1000 | | 15,5 | 15,5 | 5 „ | 1 : 1 | 1000 : 1 | 7 | | | Am 5. 5. wie die Kontrolle. |
| 15 | 7. 5. 24 | Aluminiumsulfat . . . | 1 : 1000 | | 8 | 8 | 5 „ | 1 : 1 | 1000 : 1 | 8 | | | Am 12. 5. sehr gut. Am 15. 5. besser als die Kontrolle. |
| 16 | 7. 5. 24 | Ätznatron . . . . . . | 1 : 10000 | | 9 | — | — | — | — | 8 | | | Während der Aufnahme Blätter schlaff. Am 12. und 15. 5. schlechter als die Kontrolle. Bei Versuchsende noch nicht alle Flüssigkeit aufgenommen. |
| 17 | 7. 5. 24 | Magnesiumsulfat . . . | 1 : 1000 | | 7 | — | — | — | — | 6 | | | Während der Aufnahme Blätter schlaff. Am 12. 5. schlechter als die Kontrolle. Am 13. 5. total verwelkt, Aufnahme unvollständig. |
| 18 | 7. 5. 24 | Kaliumchlorid . . . . | 1 : 500 | | 10 | — | — | — | — | 8 | | | Während der Aufnahme Blätter etwas schlaff. Am 12. 5. schlechter als die Kontrolle, desgleichen am 15. 5. |
| 19 | 7. 5. 24 | Natriumchlorid . . . . | 1 : 1000 | | 10 | 10 | 8 „ | 1 : 1 | 1000 : 1 | 8 | | | Am 13. 5. während der Aufnahme etwa wie die Kontrolle. Am 15. 5. etwas besser als die Kontrolle. |
| 20 | 7. 5. 24 | Zinkacetat. . . . . . | 1 : 10000 | | 8 | 8 | 5 „ | 1 : 1 | 10000 : 1 | 8 | | | Blätter während der Aufnahme etwas schlaff. Am 12. und 15. 5. wie die Kontrolle. |
| 21 | 7. 5 24 | Eisessig . . , . . . | 1 : 10000 | | 9 | 9 | 5 „ | 1 : 1 | 10000 : 1 | 8 | | | Am 12. 5. gut. Am 15. 5. wie Kontrolle. |
| 22 | 7. 5. 24 | Phenol . . . . . . . | 1 : 5000 | | 11 | — | — | — | — | 8 | | | Während der Aufnahme Blätter etwas schlaff. Am 12. 5. etwas schlechter als die Kontrolle. Am 15. 5. schlechter als die Kontrolle. |
| 23 | 10. 5. 24 | Quecksilberbichlorid . . | 1 : 5000 | | 12 | 12 | 4 „ | 1 : 1 | 5000 : 1 | 9 | | | Am 13. 5. während der Aufnahme wie Kontrolle. Am 15. und 19. 5. wie Kontrolle. |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 10. 5. 24 | Ameisensäure 50 % | 1:5000 | Flieder | 10 | 10 | ca. 40 Std. | 1:1 | 5000:1 | 9 | Zimmertemperatur variierte zwischen 11 und 25° C. | Diffuses Licht | Am 15. und 19. 5. zeigen die unteren Blätter stellenweise Bräunungen. |
| 25 | 10. 5. 24 | Pyridin | 1:100 | | 10 | 10 | 4 T. | 1:1 | 100:1 | 9 | | | Am 15. 5. besser als Kontrolle. Am 19. 5. so gut wie die Kontrolle. |
| 26 | 10. 5. 24 | Ätznatron | 1:20000 | | 10 | 8,5 | 9 „ | 1,17:1 | 23400:1 | 9 | | | Am 15. und 19. 5. wie Kontrolle. |
| 27 | 10. 5. 24 | Magnesiumsulfat | 1:5000 | | 7 | 7 | 3 „ | 1:1 | 5000:1 | 9 | | | Am 15. und 19. 5. etwas besser als die Kontrolle. |
| 28 | 10. 5. 24 | Phenol | 1:10000 | | 8 | 7,5 | 7 „ | 1,07:1 | 10700:1 | 9 | | | Am 15. und 19. 5. besser als die Kontrolle. |
| 29 | 15 5. 24 | Kupferacetat + Ammoniak | 1:5000[1]) | | 12 | 9,5 | 2 „ | 1,26:1 | 630:1 | 7 | | Kurze Zeit in Sonne gestellt, sonst diffuses Licht | Am 19. 5. viel frischer als die Kontrolle aussehend, doch fallen die unteren Blätter leicht ab. Am 22. 5. wie die Kontrolle. |
| 30 | 15. 5. 24 | Ätzkali | 1:10000 | | 8 | 8 | 5 „ | 1:1 | 10000:1 | 7 | | | Am 19. 5. während der Aufnahme viel besser als die Kontrolle. Am 22. 5. viel besser als die Kontrolle. |
| 31 | 15. 5. 24 | Kaliumchlorid | 1:1000 | | 12 | 12 | 6 „ | 1:1 | 1000:1 | 7 | | | Am 19., 21. und 22. 5. wie die Kontrolle. |
| 32 | 15 5. 24 | Ameisensäure 50 % | 1:10000 | | 10 | 8 | 2 „ | 1,25:1 | 12500:1 | 7 | | | Am 19. 5. viel besser als die Kontrolle. Am 21. und 22. 5. sehr viel besser als die Kontrolle. |
| 33 | 21. 5. 24 | Kupferacetat + Ammoniak | 1:10000[1]) | | 36 | 34 | 5 „ | 1,06:1 | 10600:1 | 5 | | Diffuses Licht | Am 24. 5. während der Aufnahme fallen die unteren Blätter leicht ab. |
| 34 | 21. 5. 24 | Kupferacetat + Ammoniak | 1:5000[1]) | | 19 | — | — | — | — | 3 | | | Am 24. 5. während der Aufnahme fallen die unteren Blätter leicht ab. |
| 35 | 21. 5. 24 | Kupferacetat | 1:10000 | | 13 | 11,5 | 6 „ | 1,13:1 | 11300:1 | 7 | | | Am 24., 25. und 28. 5. so gut wie die Kontrolle, Blätter fest. |
| 36 | 27. 5. 24 | Kupferacetat | 1:5000 | | 22 | 22 | 3 „ | 1:1 | 5000:1 | 6 | | | Am 30. 5. wie Kontrolle, Blätter fest. Am 2. 6. schlechter als Kontrolle. |

[1]) Auf Kupferacetat berechnet.

Die starken Basen dringen danach viel langsamer ein als das schwach dissoziierte Ammoniak. Besonders deutlich tritt dieser große Unterschied in der Geschwindigkeit des Eindringens in folgendem Versuch von Harvey zutage. Legt man *Elodea* in 1:40 — normal $NH_3$ so schlägt das Neutralrot sofort in Gelb um; überträgt man nun in 1:50 — normal NaOH, so werden die Zellen wieder rot, weil das Ammoniak heraus- und die Natronlauge vorerst noch nicht hineingeht. Erst später geht die Farbe nochmals in Gelb zurück.

Optisch kann man aber auch das Eindringen eines Stoffes dadurch bemerken, daß sich im Inneren der Zelle ein Niederschlag bildet. Dies gilt, wie Overton (1896) mitteilt, besonders für die Alkaloide. Letztere bilden mit der im Zellsaftraum enthaltenen Gerbsäure schwer lösliche Salze, welche sich, wie gesagt, als Niederschlag zeigen. Die Reaktion selbst ist außerordentlich fein. Strychnin z. B. erzeugt noch in einer Konzentration von 1:10000000 bis 1:20000000 (wässerige Lösung) einen deutlich im Mikroskop sichtbaren Niederschlag im Zellsaftraum von *Spirogyra*.

Was nun letzten Endes die verschiedenen Stoffe betrifft, so hat Overton, wie Höber (1922) mitteilt, festgestellt, daß sich tierische und pflanzliche Zellen beliebiger Herkunft gegenüber der Mehrzahl der organischen Verbindungen erstaunlich gleichartig verhalten. Folgende Abstufungen in der Permeabilität kehren immer wieder. Rasch dringen ein: die einwertigen Alkohole, Aldehyde, Ketone Aldoxime, Ketoxime, Mono-, Di- und Trihalogenkohlenwasserstoffe, Nitrile und Nitroalkyle, die neutralen Ester der organischen und anorganischen Säuren, viele organische Basen und Säuren. Langsamer diosmieren die zweiwertigen Alkohole, die Amide der einwertigen Säuren, noch langsamer der dreiwertige Alkohol Glyzerin, und die zwei Amidogruppen führenden Körper, Harnstoff und Thioharnstoff, recht langsam der vierwertige Alkohol Erythrit, und dann folgen die sechswertigen Alkohole, die Hexosen, Aminosäuren und viele Neutralsalze der organischen Säuren und Basen, namentlich der Säuren mit kurzer C-Kette. Mit wachsender Zahl der Hydroxylgruppen verringert sich also offenbar das Vermögen einzudringen; den gleichen Einfluß übt die Anhäufung von $NH_2$-Gruppen aus. Dagegen befähigt wachsende Halogensubstitution zu immer leichterem Eindringen, ebenso wirken Alkylierung oder Acetylierung an den für das Eindringen hinderlichen OH- und $NH_2$-Gruppen befördernd. Von anorganischen Stoffen dringen im allgemeinen leicht ein: Kohlensäure, Ammoniak, Wasserstoffperoxyd, Borsäure, wohl auch die elementaren Gase. Dagegen dringen im allgemeinen in die normalen Zellen nicht ein, die starken Elektrolyte, also Neutralsalze, Säuren und Laugen [1]).

ngabe Overtons steht scheinbar im Widerspruch zu den Mitteilungen arvey, wonach beispielsweise $\frac{1}{40}$ n Natronlauge in die Zellen von *Elodea*

Was nun meine Beobachtungen in bezug auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit der von mir als unschädlich auf Flieder ermittelten Konzentrationen von Lösungen verschiedener Stoffe betrifft, so ist aus Versuchen zu ersehen (vgl. S. 118), daß sich dieselben, weil meist sehr schwach, ähnlich wie Wasser verhalten. Ohne die Aufnahmegeschwindigkeit zu berücksichtigen, die ja von mancherlei Umständen abhängig ist, denen wir nicht so ohne weiteres nachkommen können, wurde in allen Fällen festgestellt, daß die Zweige bzw. Blätter turgeszent blieben und selbst bei längerer Beobachtungszeit nicht welkten. Für das Eindringen der Stoffe in die Zellen spricht die Tatsache, daß bei Anwendung stärkerer Konzentrationen Schädigungen auftraten. Im übrigen ist bekannt, daß die von mir angewandten Stoffe, wie Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure), organische Säuren (Ameisensäure, Eisessig), Basen (Natronlauge, Kalilauge), Salze (Aluminiumsulfat, Magnesiumsulfat, Baryumchlorid, Kaliumchlorid, Natriumchlorid, Kupfersulfat, Kupferacetat, Zinkacetat, Quecksilberchlorid) und verschiedene organische Verbindungen (Alkohol, Phenol) in sehr stark verdünnten Lösungen leicht diosmieren; sie dürften somit in der angewandten Form für das innere Heilverfahren durchaus geeignet sein[1]). Im Nachfolgenden seien nunmehr einige spezielle Versuche beschrieben.

Um festzustellen, in welcher Weise sich die von den Pflanzen in Form einer Lösung aufgenommenen Stoffe ausbreiten, wurde folgender Versuch angestellt: Frisch abgeschnittene Fliederzweige wurden in 100 ccm einer Kupfersulfatlösung 1:100, der zwei Tropfen Schwefelsäure (Verhütung der Bildung des ausflockenden Kupferhydroxyds) zugefügt wurden, eingestellt. Nachdem fast die ganze Flüssigkeit von den Zweigen aufgenommen war, wurde der Rest der Flüssigkeit und die Blätter auf ihren Gehalt an Kupfersulfat untersucht. Das Ergebnis war, daß die Flüssigkeit 0,0272 g und die Blätter (Gewicht 46,3 g) 0,2798 g Kupfersulfat enthielten. Die Stengel (Gewicht 77,85 g) müssen somit den Rest = 0,693 g Kupfersulfat aufgenommen haben[2]). Man kann also, wenn man die Zahlen miteinander vergleicht und in Berücksichtigung zieht, daß ein Stengel infolge seiner zahlreichen und weiten Gefäße, verhältnismäßig viel Flüssigkeit aufzunehmen vermag, hier sehr wohl von einer gleichartigen Verteilung des Kupfersulfates sprechen. Die Wirkung auf die Zweige bestätigte im übrigen das Resultat insofern, als nach 24 Stunden sämtliche Blätter Schädigungen

eindringt. Es sei daher bemerkt, daß die Geschwindigkeit des Eindringens von Stoffen in die Zellen im allgemeinen auch abhängig ist von ihrer Konzentration. So gibt z. B. Brenner (Öfversigtk of Finska Vetensk. Soc. Förhandl. 60, Nr. 4, 1918) für die starken anorganischen Säuren an, daß diese bei niedriger Konzentration in die lebenden Zellen (von Rotkohl) eindringen, dieweil bei stärkeren Konzentrationen der Farbumschlag erst zustande kommt, wenn die Zellen schon tot sind.

[1]) Vgl. Fußnote S. 158.

[2]) Die Analyse der Stengel mißlang.

zeigten; sie fingen an, sich zu kräuseln, zeigten braune Flecke im Mesophyll und braune Stellen an den Adern. Nach 48 Stunden waren die braunen Flecke des Mesophylls größer; die Schädigung ging zum Teil vom Blattrand, zum Teil von den Adern aus (vgl. auch S. 45, 87, 89 und 142).

Um nun auch Aufschluß darüber zu erhalten, in welcher Weise sich solche Mengen von Lösungen in der Pflanze ausbreiten, die nur einen Bruchteil des Wassergehaltes der Pflanze (weniger als 75 % des Frischgewichtes) darstellen, wurden folgende Versuche angestellt.

1. Versuch: Drei Apfelzweige von zusammen 185 g Gewicht wurden in eine Kupfersulfatlösung (1 : 10) eingestellt. Die Flüssigkeit wurde durch Abdichten vor Verdunstung geschützt. Nach $17^1/_4$ Stunden Aufnahmedauer, während welcher 69 ccm Lösung (also nur 37,3 % des Gesamtgewichtes der Zweige) aufgenommen wurden, wurde der Versuch abgebrochen.

   Ergebnis: Alle Blätter waren g l e i c h a r t i g, und zwar schwer beschädigt; sie waren von den Adern ausgehend, stark gebräunt (vgl. Abb. 21).

2. Versuch: Ein Fliederzweig von 183 g Gewicht wurde in eine Kupfersulfatlösung (1 : 10) eingestellt. Nach 17 Stunden Aufnahmedauer, während welcher 58 ccm Lösung (also nur 31,7 % des Gewichtes des Zweiges) aufgenommen wurden, wurde der Versuch abgebrochen.

   Ergebnis: Alle Blätter waren g l e i c h a r t i g beschädigt. Beim Anschneiden des Stengels an verschiedenen Stellen stellte sich heraus, daß alle Gefäße bzw. das ganze Holz mit Ausnahme des Markes schwarzbraun gefärbt waren.

3. Versuch: Ein Fliederzweig von 64 g Gewicht wurde in eine Kupfersulfatlösung (1 : 10) eingestellt. Nach $16^1/_2$ Stunden Aufnahmedauer, während welcher 8 ccm Lösung (also nur $12^1/_2$ % des Gewichtes des Zweiges) aufgenommen wurden, wurde der Versuch abgebrochen.

   Ergebnis: Es zeigte sich eine g l e i c h m ä ß i g e starke Schädigung aller Blätter. Beim Anschneiden des holzigen Teiles des Zweiges zeigte sich allenthalben eine gleichmäßige Verfärbung bzw. Schädigung.

4. Versuch: Ein Fliederzweig von 153 g Gewicht wurde in eine Kupfersulfatlösung (1 : 100) eingestellt. Nach $20^1/_2$ Stunden (evtl. schon viel früher) hatte der Zweig 7,65 ccm (also nur 5 % seines Gewichtes) an Lösung aufgenommen. Nachdem eine neue Schnittfläche angebracht war, wurde er zwecks weiterer Beobachtung in Wasser eingestellt.

   Ergebnis: 24 Stunden nach Versuchsbeginn zeigte der Zweig a n a l l e n B l ä t t e r n d i e g l e i c h e n S c h ä d i g u n g e n, und zwar

waren die Hauptadern nebst Seitenadern bis zu einem bestimmten Punkte gebräunt (vgl. Abb. 22). Am folgenden Tage (48 Stunden nach Versuchsbeginn) waren alle Blätter welk.

Um nun die Ergebnisse dieser Versuche, die auf eine gleichmäßige Ausbreitung der Kupfersulfatlösungen in den Versuchszweigen hinzuweisen scheinen, richtig beurteilen zu können, muß zunächst in Berücksichtigung gezogen werden, daß wir es hier mit Lösungen zu tun hatten, die die beobachteten Blattschädigungen auch dann hervorgerufen hätten, wären deren Konzentrationen auch weit geringer gewesen. Ein Beweis für eine gleichmäßige Ausbreitung der Lösungen ist also durch die zu gleicher Zeit an allen Teilen eines Zweiges auftretenden Blattschädigungen nicht ohne weiteres erbracht. Immerhin dürfte die Vermutung, daß in den vorliegenden Fällen eine gleichartige Ausbreitung der Lösungen, also auch der in denselben befindlichen Stoffe, in den Pflanzen stattfand, zutreffen. Hierfür spricht zunächst die Tatsache, daß bei der Aufnahme sämtliche leitfähigen Gefäße beteiligt waren, und dieselbe auch genügend lange Zeit in Anspruch nahm. Ferner dürfte es, um eine gleichmäßige Ausbreitung zu erzielen, genügen, lediglich die größeren Gefäße mit der zur Durchtränkung der Pflanze dienenden Flüssigkeit anzufüllen[1]). Die hierfür nötigen Flüssigkeitsmengen sind nun, wenn wir einen Versuch von Pfitzer (1878) in Berücksichtigung ziehen, aber weit geringer als die in vorbeschriebenen Versuchen angewandten. Nach seiner Berechnung verhält sich die Größe des Querschnittes der in einem Zweige strömenden Flüssigkeit zum Gesamtquerschnitt des Zweiges, also das Volumen der Gefäße zum Gesamtvolumen (Gefäße und Gewebe) wie 1 : 80. Es kann somit wohl mit einiger Berechtigung gesagt werden, daß sich ganz allgemein Lösungen bzw. Verdünnungen von Stoffen auch dann noch gleichmäßig in den Pflanzen ausbreiten, sich also auch gleichmäßig in den Geweben verteilen, wenn Mengen angewandt werden, die nur einen Bruchteil des Frischgewichts der Pflanze betragen[1]). Voraussetzung ist natürlich, daß die Zellen für jene Flüssigkeiten permeabel sind.

Was nun die Auswertung jener Möglichkeit, durch Anwendung verhältnismäßig geringer Flüssigkeitsmengen eine gleichmäßige Verteilung der in denselben enthaltenen Stoffe in den Pflanzen zu bewirken, betrifft, so wäre abgesehen von den Faktoren, die auf die gleichartige Verteilung bestimmend einwirken, auch die Frage der Dosierung zu berücksichtigen. Um die Vorteile, die die Anwendungsmöglichkeit geringer Flüssigkeitsmengen mit sich bringt, voll und ganz ausnützen

[1]) Bedingung ist hier aber, daß durch sämtliche Gefäße eine einigermaßen gleichartige Aufnahme erfolgt, was aber zum mindesten nicht in allen Fällen zutrifft. Es sei hier auf die auf S. 164 beschriebenen Versuche, bei welchen Farblösungen zur Anwendung kamen, hingewiesen.

zu können, ist es unbedingt erforderlich, daß die Dosis tolerata bzw. toxica des anzuwendenden Stoffes[1]) um ein vielfaches größer ist als die Dosis curativa. Stellen wir uns vor, der chemotherapeutische Index eines Stoffes in bezug auf eine bestimmte Pflanzenart und einen bestimmten auf derselben lebenden Parasiten sei 1/20, also beispielsweise:

$$\frac{c}{t} = \frac{1:500\ (\text{= auf den Parasiten wirksame Konzentration bei völliger Durchtränkung})}{1:25\ \ (\text{von der Pflanze gerade noch ertragene Konzentration bei völliger Durchtränkung})},$$

so könnte man auch schreiben

$$\frac{c}{t} = \frac{1:25\ (\text{= auf den Parasiten wirksame Konzentration bei 1/20 der zur völligen Durchtränkung nötigen Menge})}{1:25\ (\text{= von der Pflanze gerade noch ertragene Konzentration bei völliger Durchtränkung})},$$

d. h. die Konzentration 1:25 würde sich in diesem Falle, vorausgesetzt, daß die hierzu erforderlichen Bedingungen erfüllt sind, allmählich (bei völliger, gleichmäßiger Durchtränkung) auf etwa 1:500 (diese Konzentration entspricht der Dosis curativa) reduzieren. Anders wird jedoch das Bild, wenn man einen Index von 1/10 annimmt, also

$$\frac{c}{t} = \frac{1:500\ (\text{= auf den Parasiten wirksame Konzentration bei völliger Durchtränkung}).}{1:50\ \ (\text{= von der Pflanze gerade noch ertragene Konzentration bei völliger Durchtränkung}).}$$

Wollte man hier nämlich eine zwanzigmal geringere Flüssigkeitsmenge anwenden, so müßte man entweder eine doppelt so starke Konzentration wählen, die aber möglicherweise die Pflanze schädigen würde (siehe unten), oder die tatsächlich der Dosis tolerata entsprechende Konzentration (1:50) absorbieren lassen, wodurch aber die in der Pflanze zu erzielende Endkonzentration, hervorgerufen durch Vermischung mit den Pflanzensäften, doppelt so schwach würde (1:1000), und man Gefahr liefe, nur eine unvollkommene Wirkung auf die Parasiten bzw. Krankheit zu erzielen. Es wäre also theoretisch bestenfalls 1/10 der zur Durchtränkung der Pflanze nötigen Flüssigkeitsmenge anzuwenden. Zieht man aber die Tatsache in Betracht, daß in bezug auf die Empfindlichkeit der verschiedenen Gewebe der Pflanze ganz wesentliche Unterschiede bestehen, beispielsweise zwischen den verholzten Zellen der Gefäße (Xylem) und den Parenchymzellen junger Blätter, so dürfte es sich nach einem auf Grund von eingehenden in der Praxis vorgenommenen Versuchen zu ermittelnden Modus vielleicht auch ermöglichen lassen, die Konzentration einer in die holzigen Teile einer Pflanze einzuführenden Flüssigkeit entsprechend stärker als die im Laboratoriumsversuch festgestellte Grenz-

[1]) Wird durch die Konzentration der Flüssigkeit ausgedrückt.

konzentration (Dosis tolerata) zu wählen. Eine Verdünnung durch die in den Gefäßen zirkulierenden Säfte (Transpirationsstrom) auf einen für alle Gewebe unschädlichen Konzentrationsgrad (Dosis tolerata) dürfte im übrigen besonders dann schnell erfolgen, wenn nur ein Teil der Gefäße an der Aufnahme beteiligt ist. Ein Index von 1/10 könnte demnach unter Umständen in einen solchen von 1/20 verwandelt werden, indem man die Dosis tolerata bzw. toxica doppelt so stark wählt, die Dosis curativa hingegen aber unverändert läßt.

Weiterhin wurden ein paar Versuche unter Benutzung eines Farbstoffes (Rhodamin B) angestellt.

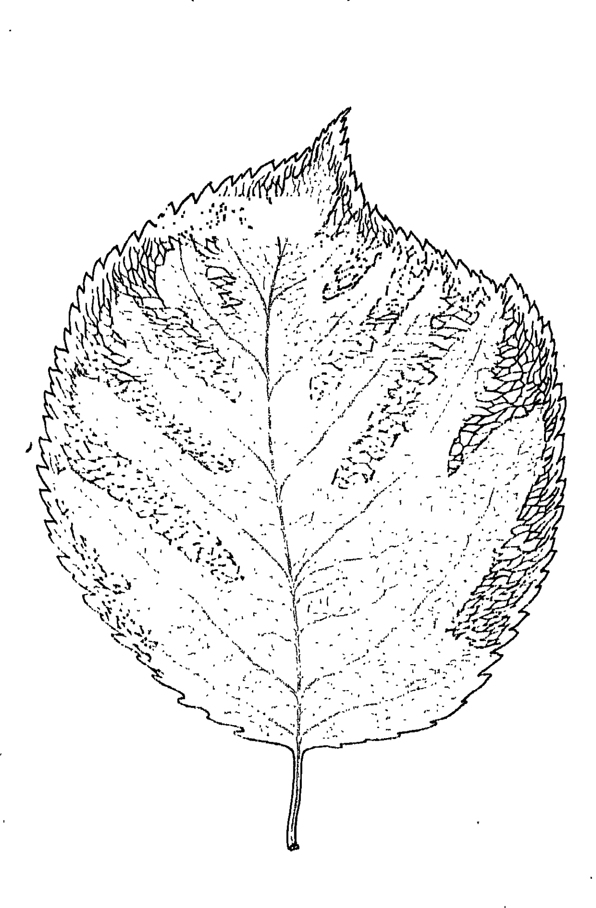


Abb. 21.
Art der Schädigung eines Apfelblattes nach Aufnahme einer starken 10 %igen Kupfersulfatlösung durch den Zweig. Die rot eingetragenen Adern sowie das dazwischen liegende Mesophyll zeigten eine deutliche Veränderung.

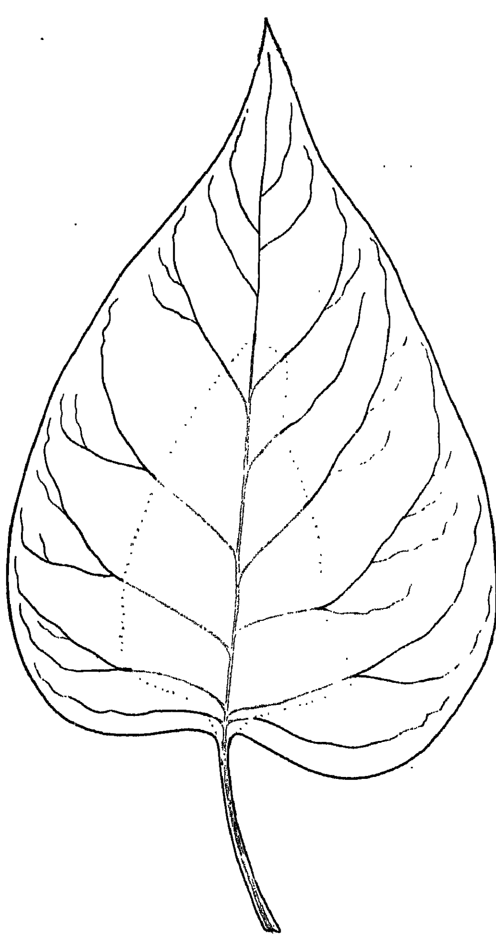


Abb. 22.
Art der Schädigung eines Fliederblattes nach Aufnahme einer 1 %igen Kupfersulfatlösung durch den Zweig. Die rot eingetragenen Teile der Hauptadern zeigten eine deutliche Veränderung; das innerhalb der rot punktierten Linie gelegene Mesophyll war noch unverändert.

1. Versuch: Ein Fliederzweig von 47 g Gewicht wurde in eine starke Rhodaminlösung eingestellt. Nach $26\frac{1}{2}$ Stunden hatte der Zweig 5 ccm (= zirka 10,6 % des Zweiggewichtes = Volumens) aufgenommen. Hier wurde der Versuch abgebrochen.

Ergebnis (vgl. Abb. 23): Eine gleichmäßige Ausbreitung des roten Farbstoffes in dem Zweig war nicht feststellbar. Lediglich der holzige Stengel zeigte eine teilweise Färbung. Das Mark, sowie auch ein Teil der Gefäße (ein Teil des Kambiumringes) blieb ungefärbt.

2. Versuch: Ein Fliederzweig von 86 g Gewicht wurde in eine schwächere Rhodaminlösung eingestellt. Nach $26\frac{1}{2}$ Stunden hatte der Zweig 10,75 ccm (= $12\frac{1}{2}$ % des Zweiggewichtes) aufgenommen. Hier wurde der Versuch abgebrochen.

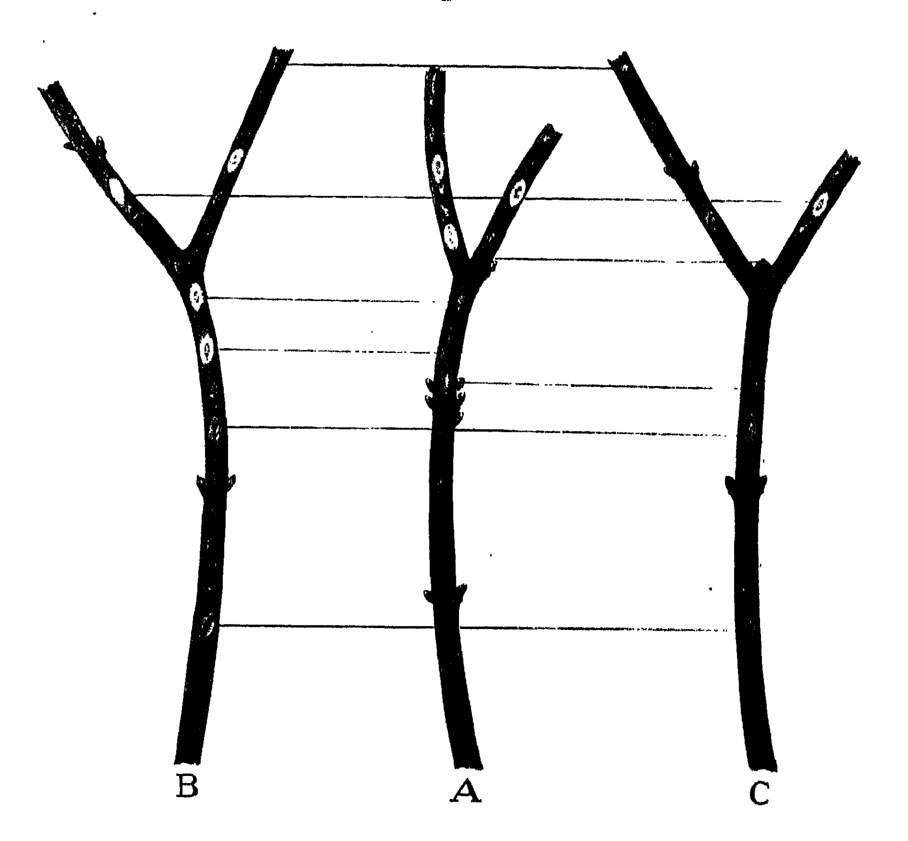



Abb. 23.

Beteiligung des Holzes eines Fliederzweiges beim Transport bzw. der Aufnahme einer starken Rhodaminlösung. B = A mit einer $\frac{1}{4}$-Drehung nach rechts; C = A mit einer $\frac{1}{4}$-Drehung nach links. Die Einschnitte wurden bis auf das Mark durchgeführt; sie zeigen, daß der Transport bzw. die Aufnahme in den verschiedenen Gefäßen ungleichmäßig erfolgt (rot = durch Rhodamin gefärbtes Holz; weiß = Holz, dessen Gefäße kein Rhodamin transportiert haben).

| Nummer | Präparat | 1000 ccm Lösung enthalten g | Pflanzenart | Gewicht des Zweiges g | Aufgenommene Menge der Lösung ccm | Aufnahmedauer Stunden | Temperatur | Feuchtigkeit | Beleuchtung | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Aluminiumchlorid . . .<br>Kupfersulfat . . . . | 1<br>1 | Flieder | 11 | 10,5 | 91 | 16—19 °C | 65—70 % | diffuses Licht | Bereits nach 19 Stunden, nach Aufnahme von 7,5 ccm, geschädigt. Adern braun, Mesophyll z. T. ebenfalls gebräunt. Nach 91 Stunden, wohl aber schon bedeutend früher, völlig dürr. Adern braun. |
| 2 | Aluminiumchlorid . .<br>Kupfersulfat . . . . | 1<br>0,5 | | 38 | 30,5 | 91 | | | | Nach 44 Stunden, nach Aufnahme von 26 ccm, schwache Schädigung der Blätter vom Rande her derart, daß die grüne Färbung der Blätter heller wird. Nach 91 Stunden Blätter dürr; Schädigung (Bräunung) vom Rande aus. |
| 3 | Aluminiumchlorid . .<br>Kupfersulfat . . . . | 1<br>0,25 | | 27 | 26 | 91 | | | | Nach 44 Stunden. nach Aufnahme von 19 ccm, schwache Schädigung der Blätter vom Rande her derart, daß die grüne Färbung der Blätter heller wird. Hellere Stellen glanzlos. Nach 91 Stunden alle Blätter abgefallen. |
| 4 | Aluminiumchlorid . .<br>Kupfersulfat . . . . | 1<br>0,2 | | 24 | 13 | 91 | | | | Nach 44 Stunden, nach Aufnahme von 11,5 ccm, Blätter welk, zum Teil mit kleinen braunen Flecken. Blätter matt und glanzlos. Nach 91 Stunden Blätter dürr, sie fallen leicht vom Stengel ab. |
| 5 | Kupfersulfat . . . . | 1 | | 17 | 17 | 24 | | | | Nach 27 Stunden untere Blätter beschädigt. Nach 44 Stunden Adern der Blätter braun, sowie Bräunungen des Mesophylls. Nach 91 Stunden Blätter dürr. |
| 6 | Wasser . . . . . . | — | | — | — | — | | | | Nach 91 Stunden Blätter unbeschädigt. Die Blätter fallen bei Berührung leicht ab. |

Ergebnis: Bei der Untersuchung stellte sich heraus, daß sich der Farbstoff nicht gleichmäßig in dem Zweig ausgebreitet hatte. Ein Querschnitt durch den holzigen Stengel in 10 cm Höhe zeigte im Kambiumring eine kleine, rosa gefärbte Stelle.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß, wie auch bereits von Wieler (1888) festgestellt wurde, das Fortrücken der Farbstoffe (er verwandte Methylenblau) in den Gefäßbündeln ungleich ist. Die Anwendung von

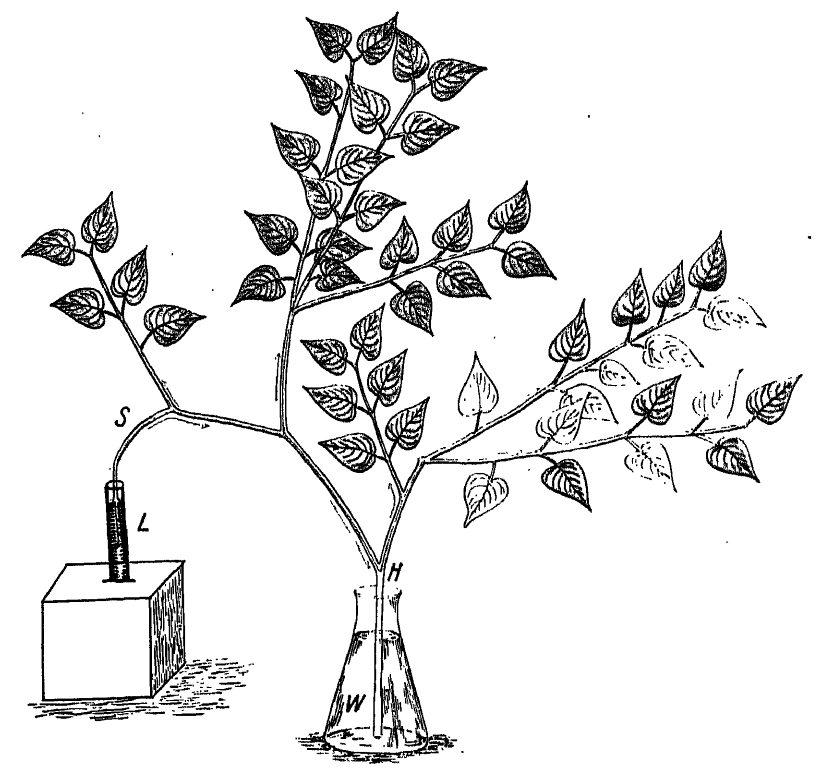



Abb. 24.

Ausbreitung einer 10 % igen Kupfersulfatlösung in einem Fliederzweig.
Die Aufnahme der Lösung (L) erfolgte durch einen gekappten Seitenzweig (S), dieweil der Hauptzweig (H) in Wasser (W) eingestellt war. Grad der Ausbreitung $4^1/_2$ Stunden nach Versuchsbeginn an der Schädigung der Blätter erkenntlich. Völlig zerstörte Blätter = rot mit schwarzen Adern; nicht so stark beschädigte Blätter = weiß mit roten Adern; unbeschädigte Blätter = weiß mit schwarzen Adern.

Farbstoffen in Form starker Verdünnungen zwecks Beobachtung des Eintrittes derselben in Zellen ist nicht zu empfehlen, da die Farbstoffe unter dem Mikroskop nicht wahrnehmbar sind. Nur gespeicherter Farbstoff ist hier zu erkennen.

Von der Tatsache ausgehend, daß, wie bei anderer Gelegenheit noch zu erwähnen sein wird, die Art der Applikation der Stoffe, d. h. das An-

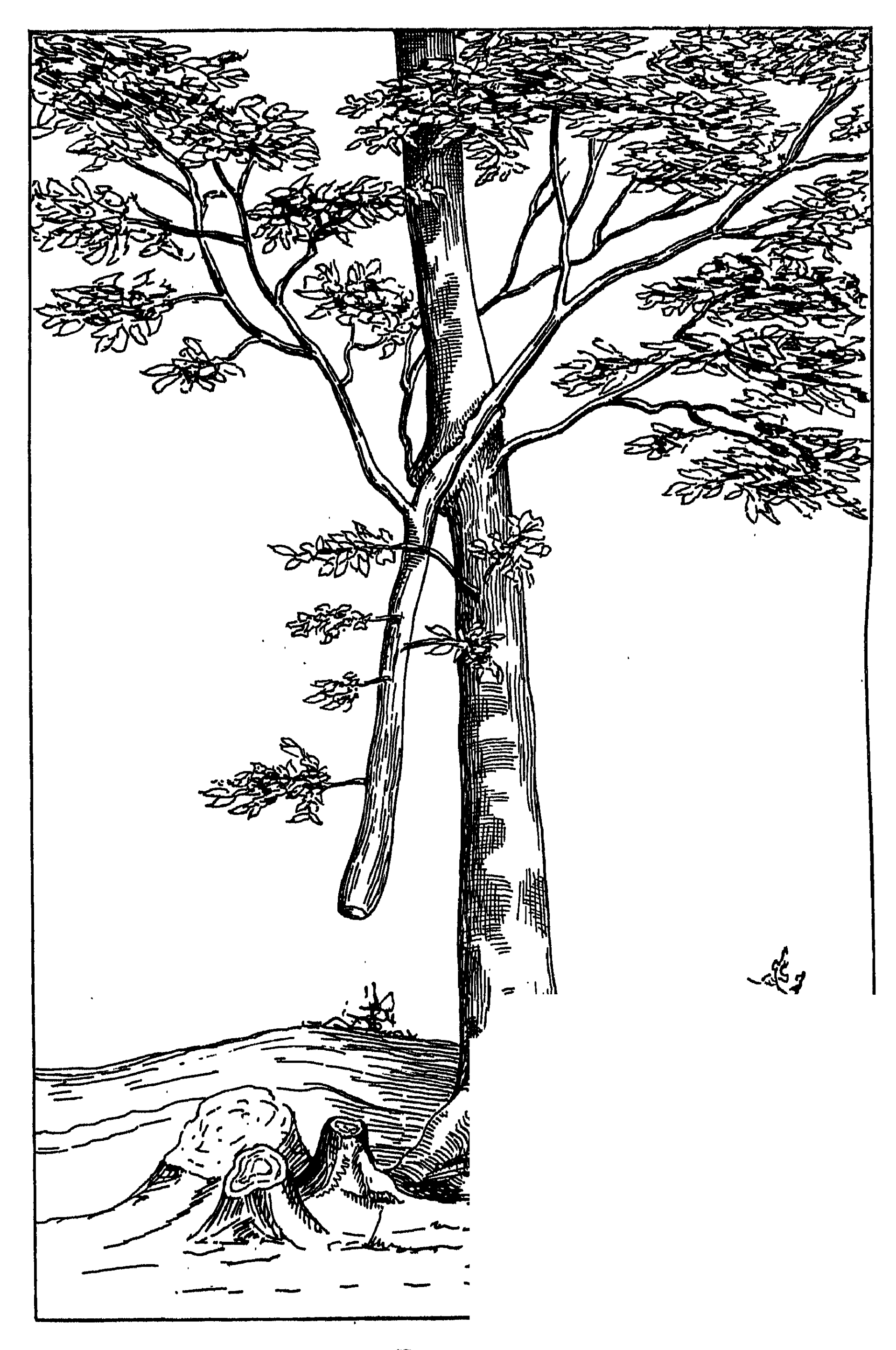


Abb. 25. Verwachsene Buchenstämme (*Fagus s*
Stamm wies noch nach fünf Jahren zwei Meteı
Zweige auf (vgl. J. Ziegler, 1885

bringen von Bohrlöchern in den Hauptstamm bzw. das Absägen von Wurzeln keineswegs geeignet ist, Anhänger für das Verfahren zu gewinnen, wurde ferner versucht, die Aufnahme auf eine andere, für die Pflanze weniger nachteilig wirkende Art zu ermöglichen. Da nun Stamm und Wurzel ausgeschlossen bleiben sollten, so wurden Untersuchungen darüber angestellt, ob es nicht möglich sei, die Aufnahme durch einzelne Zweige, deren Verletzung keine schädlichen Folgen für die Pflanze haben dürfte[1]), zu bewerkstelligen.

**1. Versuch.**

Ein frischer Fliederzweig mit zahlreichen Seitenzweigen wurde in Wasser eingestellt. Ein Seitenzweig wurde an seinem Ende abgeschnitten und auf eine kleine Strecke von seinen Blättern befreit. Das Ende des Zweiges wurde daraufhin in eine so starke Kupfersulfatlösung (1 : 10) eingetaucht, von der man ohne weiteres annehmen dürfte, daß sie ihr Eindringen in den Hauptzweig und in die verschiedenen Seitenzweige durch Zerstörung der Blätter anzeigen würde. Das Gewicht des Zweiges betrug 112 g. Temperatur 15° C. Feuchtigkeit: 60 %. Beleuchtung: diffuses Licht.

Ergebnis (vgl. Abb. 24): Bereits $4^1/_2$ Stunden nach Versuchsbeginn und zwar nach einer Aufnahme von nur 3 ccm der Lösung (= 2,67 % des Zweiggewichtes), waren fast alle Blätter schwer geschädigt. Die Lösung war somit in alle Zweige, darunter in solche, d e r e n A b z w e i g u n g w e i t u n t e r h a l b d e r j e n i g e n d e s z u r A u f n a h m e b e n u t z t e n Z w e i g e s l a g e n, eingedrungen (vgl. auch Abb. 25). Nach Beendigung des Versuches (Sistierung der Aufnahme) nahm die Schädigung, obwohl der Zweig noch einige Zeit beobachtet wurde, nicht weiter zu. Bemerkt sei noch, daß die Blätter mit schwachen und nicht sichtbaren Schädigungen bei Berührung leicht abfielen; die dunkelbraun gefärbten, schwer beschädigten Blätter, waren hingegen fest mit dem Zweig verbunden. Die Knospen blieben unbeschädigt; sie behielten ihre frische grüne Farbe.

**2. Versuch.**

Eine eingetopfte mit zahlreichen Seitenzweigen versehene Fuchsia wurde in der Weise behandelt, daß ein Seitenzweig, nachdem er an seinem Ende von den Blättern befreit war, dort abgeschnitten und in eine Kupfersulfatlösung (1:100) eingetaucht wurde. Temperatur: 16° C. Feuchtigkeit: 50—80 %. Beleuchtung: diffuses Licht.

Ergebnis (vgl. Abb. 26): Nach 16 Stunden hatte die Pflanze, die im übrigen gut angegossen war, 1,7 ccm der Lösung aufgenommen. Die Verteilung der Lösung war eine sehr gute, denn i n a l l e Z w e i g e, a u c h i n s o l c h e, d e r e n A b z w e i g u n g v o m H a u p t z w e i g u n t e r h a l b

[1]) Hier kommen ohne weiteres solche Zweige in Betracht, die sowieso im Frühjahr abgeschnitten werden (Schnitt der Obstbäume), und die man eventuell an den Bäumen belassen könnte.

derjenigen des zur Aufnahme verwendeten Zweiges lagen, war die Kupfersulfatlösung eingedrungen; alle Blätter waren beschädigt. Die Aufnahme wurde im übrigen dadurch beeinträchtigt, weil der in die Lösung eintauchende, nicht verholzte Teil des Zweiges selbst beschädigt wurde. Dieser wurde daher abgeschnitten, und das neue Ende wiederum in die Lösung eingetaucht. Die Aufnahme betrug hier innerhalb 4 Stunden weitere 1,8 ccm.

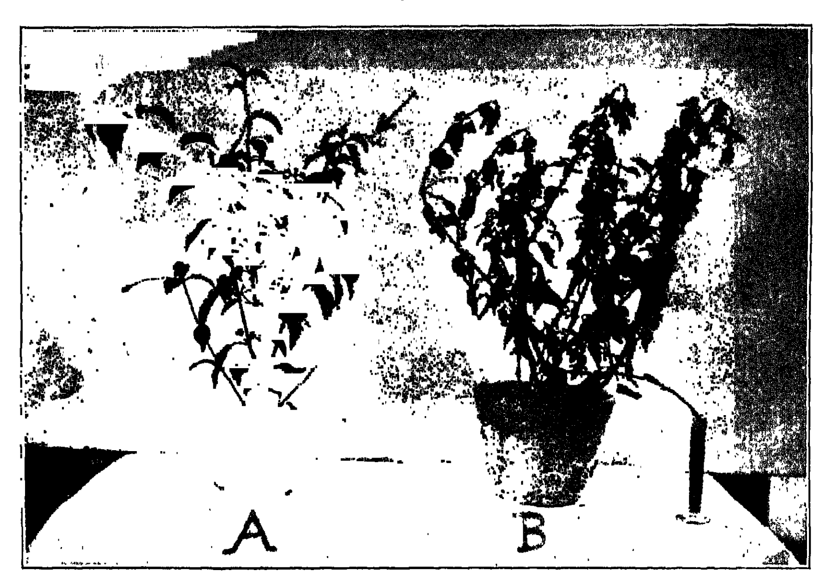



Abb. 26.
Die Aufnahme von Stoffen durch gekappte Zweige.
A. Fuchsia mit pulverförmigem Kupfersulfat behandelt, 48 Stunden nach Versuchsbeginn.
Ergebnis: Keine Aufnahme bzw. Ausbreitung.
B. Fuchsia mit 1 %iger Kupfersulfatlösung behandelt, 48 Stunden nach Versuchsbeginn.
Ergebnis: Aufgenommene Flüssigkeitsmenge insgesamt 3,5 ccm. Ausbreitung vollkommen, alle Blätter stark beschädigt (dürr).

### 3. Versuch.

Ein frischer Fliederzweig mit zahlreichen Seitenzweigen wurde in Wasser eingestellt. Ein Seitenzweig wurde mit fünf an seinem Ende befindlichen Blättern in eine Kupfersulfatlösung (1 : 100 + 1 Tropfen Schwefelsäure in 500 ccm) eingetaucht. Das Gewicht des Zweiges wurde nicht festgestellt; es betrug aber mindestens 100 g. Temperatur: 15—16 ° C; Feuchtigkeit: 60—70 %; Beleuchtung: diffuses Licht.

Ergebnis (vgl. Abb. 27): Nach einer Aufnahmedauer von 21 Stunden hatte der Zweig 15 ccm der Lösung durch die Blätter aufgenommen. Diese war nach den Blattschädigungen zu urteilen zunächst in den nächst gelegenen Zweig eingedrungen, dann gelangte sie in den Hauptzweig, in dem sie nach oben stieg und auch in die beiden obersten vom Hauptzweig

abgehenden Seitenzweige. Interessant war die Tatsache, daß hier (auch oben an der Spitze des Hauptzweiges) nicht alle Blätter gleichartig beschädigt wurden. An den übrigen Zweigen traten nur hier und da Schädigungen auf. Die Ausbreitung war also ungleichartig und daher unvollkommen; es ist aber wohl anzunehmen, daß bei längerer Aufnahmedauer in dieser Hinsicht ein besseres Ergebnis erzielt worden wäre. Das Auslassen von einzelnen Blättern hängt wohl damit zusammen, daß die in sie eintretenden Gefäße nicht genügend von der Kupfersulfatlösung

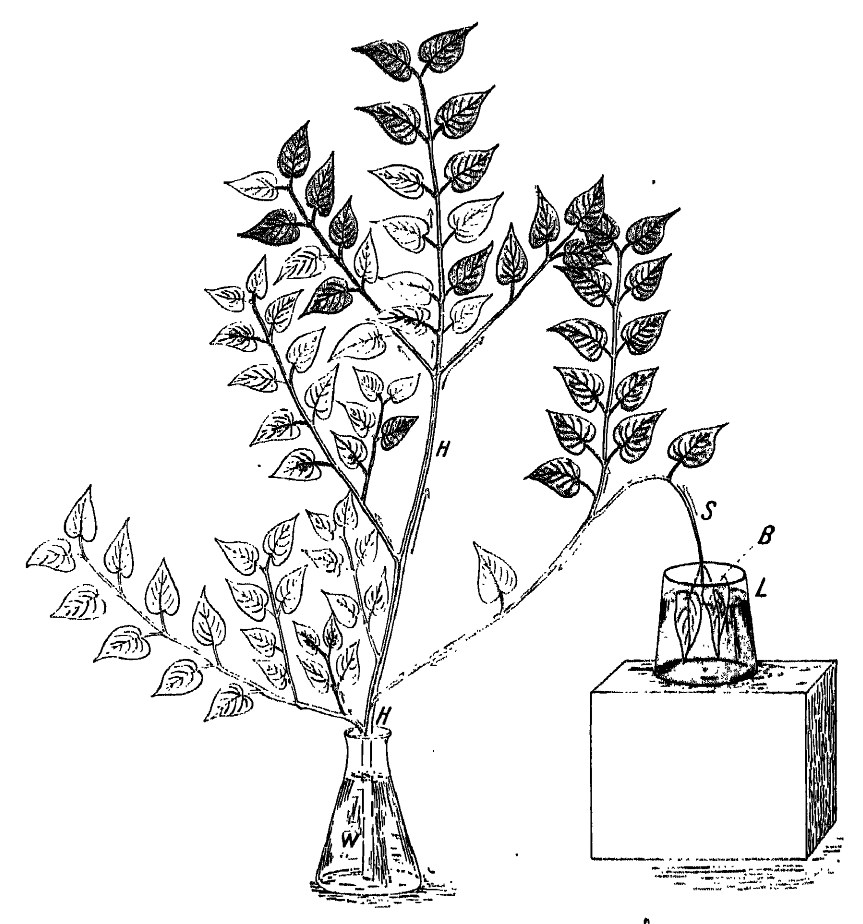



Abb. 27.

Ausbreitung einer 1 %igen Kupfersulfatlösung (+ 1 Tropfen Schwefelsäure) in 500 ccm Lösung in einem Fliederzweig. Die Aufnahme der Lösung (L) erfolgte durch einen unverletzten Seitenzweig (S), dessen Blätter in die Lösung eintauchten (B). Der Hauptzweig (H) stand währenddessen in Wasser (W). Grad der Ausbreitung des Kupfersulfates 21 Stunden nach Versuchsbeginn an der Schädigung der Blätter erkenntlich. Völlig zerstörte Blätter = rot mit schwarzen Adern; nicht so stark beschädigte Blätter = weiß mit roten Adern; Blätter mit einzelnen braunen Flecken = weiß mit schwarzen Adern und kleinen roten Flecken; unbeschädigte Blätter = weiß mit schwarzen Adern.

aufgenommen hatten. Die in die Lösung eingetauchten Blätter schienen bei Versuchsende nicht sonderlich geschädigt; sie färbten sich aber, als sie aus der Lösung herausgenommen wurden, schwarzbraun. Die Lösung selbst hatte bereits während des Versuches eine grüne Farbe angenommen. Die Schädigung der am Zweige befindlichen Blätter schritt nach Versuchsende nicht weiter fort; die Knospen blieben frisch und grün. Auch waren, wie bei Versuch I bereits festgestellt, die am stärksten geschädigten Blätter noch fest mit dem Zweig verbunden, dieweil die schwach oder nicht sichtbar geschädigten Blätter leicht abfielen. Die Tatsache, daß durch die in die Lösung eintauchenden Blätter der Lösung eine erhebliche Menge Kupfersulfat entzogen wurde, ist auf das Wahlvermögen der Zellen zurückzuführen. Bei einer Aufnahme von nur 15 ccm Lösung

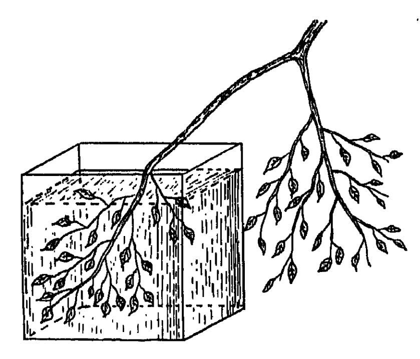


Abb. 28.
Durch das Eintauchen eines Teiles eines belaubten, abgeschnittenen Zweiges in Wasser wird das Welken des anderen in der Luft befindlichen Teiles des Zweiges für einige Zeit verhütet (nach Pfeffer).

wurde der Gehalt derselben von 1 g $CuSO_4 + 5\,H_2O$ in 100 ccm Wasser auf 0,46 g $CuSO_4 + 5\,H_2O$ in 100 ccm Wasser (= 0,39 g in 85 ccm) reduziert.

#### 4. Versuch.

Ein frisch abgeschnittener Fliederzweig wurde in Wasser gestellt und etwas unterhalb seiner Spitze mit tiefen Einschnitten versehen. Diese wurden mit pulverförmigem Kupfersulfat, das mittelst eines feuchten Verbandes (aus Filtrierpapier) festgehalten wurde, angefüllt. Nach einiger Zeit (nach zwei Tagen) wurde der Verband mit $10\,\%$iger Kupfersulfatlösung befeuchtet. Temperatur: 15—19° C; Feuchtigkeit: 60—75 %; Beleuchtung: diffuses Licht.

Ergebnis: Nach 20 Stunden waren die fünf oberhalb der „Impfstellen" gelegenen Blätter verbrannt und abgestorben. Von dem ersten unter der Aufnahmestelle befindlichen Blattpaar war nur ein Blatt beschädigt. Nach zwei Tagen, d. h. 3 Stunden nach Auffrischung der „Impfstellen", trat eine schwache Schädigung des anderen Blattes auf. Am vierten

Tabelle VIII.

**Versuchsbeginn: 24. September 1924. 12 Uhr.**

| Nummer | Präparat | Konzentration | Pflanzenart | Gewicht des Zweiges g | Aufgenommene Menge der Lösung ccm | Aufnahmedauer Std. | Temperatur im Durchschnitt | Feuchtigkeit | Beleuchtung | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Aluminiumchlorid | 1 : 250 | Flieder | 100 | 42 | $27^1/_2$ | 15° C | 55—80 % | Diffuses Licht | Nach 20 Stunden sämtliche Blätter marmoriert erscheinend. An den Haupt- und Nebenadern blieb die natürliche Farbe der Blätter erhalten, die anderen Teile der Blätter waren heller und glanzlos. Nach $27^1/_2$ Stunden (nach Aufnahme von 42 ccm) Blätter glanzlos, heller und schlaff am Zweig herabhängend. |
| 2 | Aluminiumchlorid | 1 : 500 | | 72 | 72 | $27^1/_2$ | | | | Nach 20 Stunden beginnende Marmorierung der Blätter. Nach $27^1/_2$ Stunden Blätter stark marmoriert. Nach 44 Stunden Blätter glanzlos, heller und schlaff am Zweig herabhängend. |
| 3 | Aluminiumchlorid | 1 : 1000 | | 31 | 31 | 25 | | | | Nach 20 Stunden (nach Aufnahme von 22 ccm) sämtliche Blätter glanzlos und etwas heller; keine Marmorierung. Nach $27^1/_2$ Stunden Blätter stark marmoriert. Nach 44 Stunden Blätter glanzlos, heller und schlaff am Zweig herabhängend. |
| 4 | Aluminiumchlorid | 1 : 2000 | | 14 | 3 | $27^1/_2$ | | | | Nach 20 Stunden sämtliche Blätter glanzlos; sie hängen schlaff am Zweig herunter. Nach $27^1/_2$ Stunden (nach Aufnahme von 3 ccm) Ergebnis unverändert. |
| 5 | Aluminiumchlorid | 1 : 4000 | | 30,5 | 10,5 | $27^1/_2$ | | | | Nach 20 Stunden sämtliche Blätter glanzlos; sie hängen schlaff am Zweig herunter; ihre Färbung ist heller geworden. Nach $27^1/_2$ Stunden (nach Aufnahme von 10,5 ccm) Ergebnis unverändert. |
| 6 | Aluminiumchlorid | 1 : 5000 | | 38 | 28 | $27^1/_2$ | | | | Nach 20 Stunden (nach Aufnahme von 23 ccm) Blätter nicht mehr so glänzend wie bei der Kontrolle. Nach $27^1/_2$ Stunden (nach Aufnahme von 28 ccm) Blätter matt, glanzlos und schlaff am Zweig herabhängend. |
| 7 | Wasser (Kontrolle) | — | | — | — | — | | | | Unverändert frisch. |

Die schwer beschädigten Blätter fielen bei Berührung nicht ab; sie waren fest mit dem Zweig verbunden.

Tage fiel ein Blatt des zweiten unterhalb der Impfstelle gelegenen Paares bei Berührung ab, obwohl es eine sichtbare Schädigung nicht aufwies. Die Untersuchung des Zweiges, der zu diesem Zwecke von seiner Rinde befreit wurde, hatte folgendes Ergebnis: Oberhalb der „Impfstellen" war das Holz schwärzlich gefärbt, und zwar besonders stark an den Ansatzstellen der Blätter. Unterhalb der „Impfstellen" nahm die Verfärbung des Holzes stark ab; ein schmaler Streifen erstreckte sich bis zwischen das erste und zweite Blattpaar. Erwähnt sei noch, daß die Knospen am Ende des Zweiges unverändert waren.

### 5. Versuch.

Eine eingetopfte Fuchsia, die mit zahlreichen Seitenzweigen versehen war, wurde auf folgende Weise behandelt. Ein Seitenzweig wurde an seinem Ende abgeschnitten, und der so entstandene Stumpf, nachdem er an seinem Ende von den Blättern befreit war, in ein enges, mit fein gepulvertem Kupfersulfat angefülltes Glasröhrchen eingetaucht. Es wurde Sorge dafür getragen, daß das Präparat in innige Berührung mit der Schnittfläche kam. Temperatur: 16°; Feuchtigkeit: 80%; Beleuchtung: diffuses Licht.

Ergebnis (vgl. Abb. 26 A). Nach 24 Stunden schien nur das nächste, 4 cm von der Aufnahmestelle entfernte Blattpaar geschädigt; nach weiteren 24 Stunden war das Ergebnis unverändert.

Aus den vorstehend beschriebenen Laboratoriumsversuchen geht hervor

1. daß bewurzelte Pflanzen (Fuchsia) und abgeschnittene, größere, mit zahlreichen Seitenzweigen versehene Zweige (Flieder) Kupfersulfat durch schwächere Seitenzweige aufzunehmen vermögen, wenn man deren Enden abschneidet und sie in die Lösungen eintauchen läßt. Die absorbierte Flüssigkeit dringt in diesem Falle selbst bis zu den untersten Verzweigungen des Hauptstammes (Zweiges) vor und breitet sich alsdann in der ganzen Pflanze aus. Eine solche Verteilung scheint auch dann noch zustande zu kommen, wenn Flüssigkeitsmengen absorbiert werden, die nur einem Bruchteil des Gewichtes (Volumens) der Pflanze entsprechen;
2. daß die Aufnahme von Kupfersulfatlösungen auch durch intakte Zweige d. h. durch die Blätter erfolgen kann, sofern man diese in die Flüssigkeit eintauchen läßt. Die Ausbreitung des Stoffes in der Pflanze scheint in diesem Falle jedoch keine vollkommene. Die in die Flüssigkeit eintauchenden Blätter entziehen dieser erhebliche Mengen Kupfersulfat, so daß sich eine Kontrolle der Menge des aufgenommenen Stoffes auf Grund der absorbierten Flüssigkeitsmenge nicht durchführen läßt. Hierüber gibt nur die Analyse Aufschluß;

## Tabelle IX. Versuchsbeginn: 13. August 1924.

Eigene Versuche.

| Nummer | Präparat | Konzentration | Pflanzenart | Gewicht des Zweiges | Aufgenomm. Flüssigkeitsmenge | Aufnahmedauer | Temperatur | Beleuchtung | Parasit | Wirkung auf die Pflanze | Wirkung auf den Parasiten: Ergebnis nach 24 Stunden (am 14. August 1924) | Ergebnis nach 48 Stunden (am 15. August 1924) | Ergebnis nach 72 Stunden (am 16. Aug. 1924) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Pyridin | 1 : 100 | Apfel | 3,5 g | 3,5 ccm | Weniger als 15 Stunden. Die Aufnahme erfolgte in einigen Fällen während der Nacht. | 19—20° C | Diffuses Licht | *Aphis pomi* de Geer (ungeflügelte Läuse) vornehmlich an dem Stengel sitzend. | Am 14. August keine Schädigung der Pflanze. Am 16. August Blätter dürr. | Blattläuse zum Teil in Bewegung. Sehr schwache Abwanderung. | Zweig fast frei von Blattläusen. Noch auf dem Zweig vorhandene Blattläuse mit einem Pinsel in Petrischale übertragen; diese waren größtenteils tot. | — |
| 2 | „ | 1 : 250 | | 3 g | 3 ccm | | | | | Am 16. August keine Schädigung der Pflanze. | Abwanderung sehr stark. Zahlreiche Exemplare a. Boden in der untergestellten Petrischale. | Zweig zeigt noch 5 bis 10% des früheren Befalls. Blattläuse mit Pinsel in Petrischale übertragen; sie waren alle lebend. | — |
| 3 | „ | 1 : 500 | | 5 g | 5 ccm | | | | | Am 14. August Blätter glanzlos und dürr[1]). | Desgleichen. | Blattläuse teils abgewandert, teils tot[2]) an dem Zweig sitzend. Auf letzterem also keine lebende Blattlaus mehr. | — |
| 4 | „ | 1 : 1000 | | 4,5 g | 4,5 ccm | | | | | Am 14. August Blätter glanzlos u. dürr[1]). | Desgleichen. | Desgleichen. | — |
| 5 | „ | 1 : 2500 | | 3,5 g | 3,5 ccm | | | | | Am 14. August keine Schädigung der Pflanze. Am 16. August Triebspitze welk. Am 18. August Blätter dürr. | Abwanderung der Blattläuse schwächer als bei Versuch 2, 3 und 4. | Noch befallen; keine sichtbare Wirkung. | Befall wie am 15. August. |
| 6 | „ | 1 : 5000 | | 5 g | 5 ccm | | | | | Am 16. August keine Schädigung der Pflanze. Am 18. August Triebspitze etwas welk. | Keine Abwanderung. | Fast unverändert. | Befall wie am 15. August. |
| 7 | Wasser (Kontrolle) | — | | — | — | | | | | Am 16. August Triebspitze welk. Am 18. August Blätter dürr. | Fast keine Abwanderung. | Fast keine Abwanderung. | Blätter noch befallen. |

[1]) Die Schädigung ist nicht auf das Pyridin zurückzuführen.
[2]) Da die Blattläuse längere Zeit zu hungern vermögen, ist die Wirkung auf das Pyridin zurückzuführen.

3. daß bei inniger Berührung von trockenem, pulverförmigem Kupfersulfat mit frischen an den Enden von Zweigen angebrachten Schnittflächen eine Aufnahme dieses in Pflanzensäften leicht löslichen Stoffes durch jene Stellen nicht stattfindet;

4. daß bei Einverleibung von angefeuchtetem, pulverförmigem Kupfersulfat in einfache (nicht verzweigte) Zweige ein Transport des Stoffes fast ausschließlich nach oben stattfindet. Eine Ausbreitung nach unten erfolgt nur in sehr beschränktem Maße.

Diese Ergebnisse lassen sich nun auf folgende Weise erklären. Was die Aufnahme der Kupfersulfatlösungen durch Seitenzweige, sowie auch deren Transport in einer dem Transpirationsstrom entgegengesetzten Richtung bei bewurzelten Pflanzen oder abgeschnittenen in Wasser eingestellten, verzweigten Ästen betrifft, so beruht dies darauf, daß im Augenblick des Kappens eines solchen Seitenzweiges einmal der durch die an seinem Ende befindlichen Blätter (infolge der Transpiration derselben) erzeugte, nach dem Zweigende zu verlaufende Transpirationsstrom aufhört, und nur noch der Zug der hinter der Schnittstelle gelegenen Blätter, in der Hauptsache aber die Saugkraft aller anderen intakten Zweige, in denen sich ja infolge der Transpiration ein Unterdruck befindet, wirkt. Beim Eintauchen in Flüssigkeiten werden diese infolgedessen aufgesogen und gelangen auch bis zu den Stellen, wo die Pflanze (bzw. der Hauptzweig) ihre ersten (untersten) Seitenzweige abgibt (vgl. S. 168 und 169). Hierdurch wird aber bei Absorption genügender Flüssigkeitsmengen eine gute Verteilung der wirksamen Stoffe gewährleistet. Die Tatsache, daß, wie die Versuche zeigten, die Flüssigkeit in den Hauptstamm gelangte und auch in diesem weiter nach unten vordrang, läßt sich wohl so erklären, daß die unten abzweigenden Äste kräftiger waren und reichere Belaubung hatten, wodurch in ihnen ein größerer Unterdruck herrschte. In bezug auf die Verteilung verhältnismäßig geringer Quanten der Kupfersulfatlösungen in den Pflanzen sei auf die diesbezüglichen Mitteilungen (S. 161) verwiesen. Es ist ferner anzunehmen, daß bei bewurzelten Pflanzen die Aufnahme von Flüssigkeiten durch die Schnittflächen der gekappten Zweige zunächst schneller vor sich geht als durch die Wurzeln. In ersterem Falle treten dieselben ungehindert in die Leitbahnen ein, dieweil sie in letzterem Falle erst eine Anzahl von Zellagen passieren müssen, bevor sie an die ersten feinen Gefäße kommen. Die Tatsache, daß bei Absorption einer Kupfersulfatlösung durch in diese eintauchende Blätter der Lösung Kupfersulfat entzogen wird, ist durch das Wahlvermögen der Zellen zu erklären. Der Umstand, daß Blattschädigungen auch an anderen Teilen jenes Zweiges auftraten, spricht dafür, daß die Zellen der in die Lösung eintauchenden

Blätter das Kupfersulfat wiederum den Gefäßen mitteilten[1]. Bei dieser Gelegenheit sei auch auf die Versuche von C. Hiltner und E. Hiltner (vgl. S. 52) hingewiesen. Daß eine Aufnahme von festem, in Pflanzen-

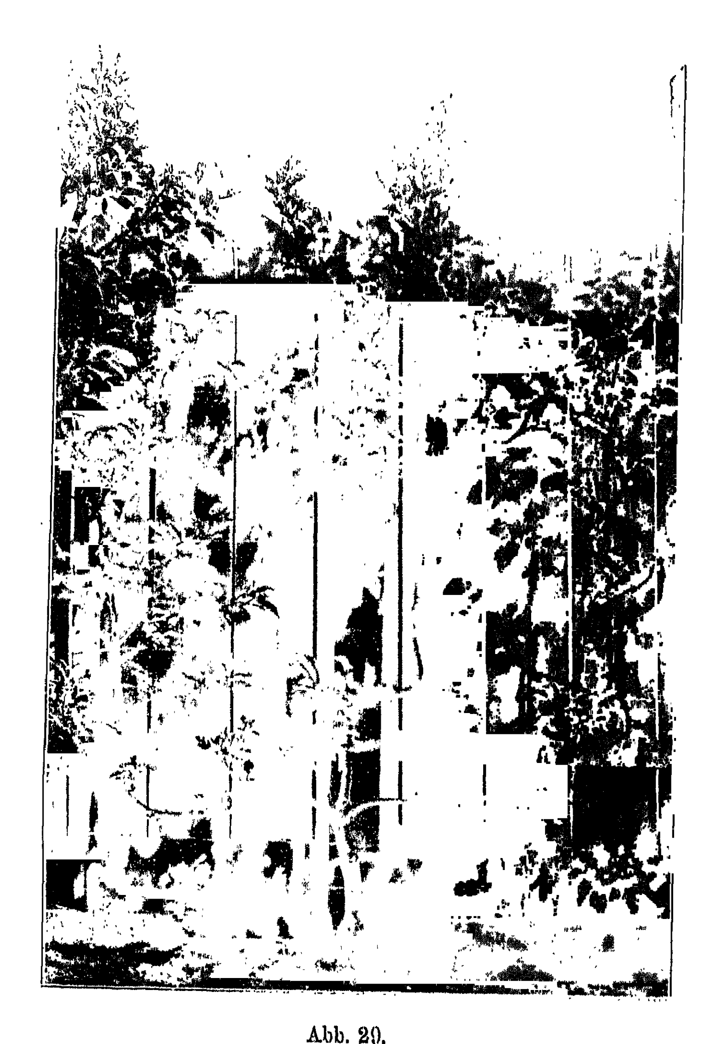


Abb. 20.
Apfelspalierbaum stark mit Blutlaus befallen.
Behandlung durch Absorption von Pyridin verschiedener Konzentration (1:50 und 1:500) unter Anwendung der „Zweigmethode". Die Zahlen bedeuten die Aufnahmestellen.

säften löslichem Kupfersulfat bei Anwendung der Zweigmethode nicht erfolgte, beruht darauf, daß der gekappte Zweig sehr schnell austrocknet. Eine Auflösung des Kupfersulfats, die aber Grundbedingung für seine

[1]) Inwieweit hier die Schädigung der Zellen der eintauchenden Blätter (Aufhebung der Semipermeabilität der Zellwände und des Plasmas) eine Rolle spielt, ist nicht zu entscheiden.

Aufnahme ist, ist hierdurch unmöglich. Der beobachtete, fast ausschließlich nach oben stattfindende Transport des Kupfersulfats in einem einfachen, also nicht verzweigten Zweig ist auch in diesem Falle durch die Richtung und auch die Stärke des Transpirationsstroms bedingt.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die Möglichkeit besteht, die Aufnahme von Flüssigkeiten verschiedener Art auch durch gekappte Zweige zu bewerkstelligen. Hierdurch ließe sich aber, was für die direkte Einführung von Stoffen in die Pflanzen von größter Bedeutung ist, eine Schädigung lebenswichtiger Organe der Pflanzen vermeiden.

Ein praktischer Versuch, bei welchem die Absorption mit Leitungswasser verdünnten Pyridins durch gekappte Zweige erfolgte, sei hier kurz beschrieben. Zur Verfügung stand ein Apfelspalierbaum, der ursprünglich 1000 ccm Pyridin 1:500 zwecks Beobachtung dessen Wirkung auf die Blutlaus aufnehmen sollte. Zu diesem Zweck wurde zunächst ein am unteren Teil des Baumes gelegener, verholzter Seitenzweig gekappt, und dieser sofort in das in einer Flasche befindliche Pyridin eintauchen lassen (vgl. Abb. 29; Aufnahmestelle 1). Der Durchmesser der Schnittfläche des Zweiges betrug 3 mm. Das Ergebnis ist aus nachfolgender Zusammenstellung zu ersehen.

**Zusammenstellung I.**

Versuchsbeginn am 13. 5. 25. 2,45 p. m. Wetter: warm, sonnig.

| Datum | Stunde | Absorbierte Menge | Wetter | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| 14. 5. 25 | 2,45 p. m. | 40 ccm | warm, sonnig | Schnittfläche des Zweiges erneuert |
| 15. 5. 25 | 1,30 p. m | 17 „ | warm, sonnig | Schnittfläche des Zweiges erneuert |
| 16. 5 25 | 10 a. m. | 5 „ | sehr warm, halb bedeckt, Gewitterregen | Schnittfläche des Zweiges nicht erneuert |
| 17. 5. 25 | nicht kontrolliert | | sehr warm, sonnig, kurzer Gewitterregen (nachmittags) | — |
| 18. 5. 25 | 10 a m. | 7 ccm (an 2 Tagen) | sehr warm, halbbedeckt, schwacher Regen (nachmittags) | Schnittfläche des Zweiges erneuert |
| 19. 5. 25 | 4,30 p. m. | 3 ccm | sehr warm, sonnig | Schnittfläche des Zweiges erneuert |
| 20. 5. 25 | 10,30 a. m. | 5 „ | sehr warm, sonnig | Schnittfläche des Zweiges erneuert |
| 21. 5. 25 | nicht kontrolliert | | sehr warm, sonnig | — |
| 22. 5. 25 | 10 a. m. | 1 ccm (an 2 Tagen) | sehr warm, etwas Regen (mittags) | Schnittfläche des Zweiges nicht erneuert |
| 23. 5. 25 | 9,55 a. m. | Keine Aufnahme | sehr warm, halbbedeckt | — |

In 9 Tagen = 78 ccm Pyridin 1:500 absorbiert.
Wirkung auf die Pflanzen: keine.
Wirkung auf die Blutläuse: keine.

Da die Absorption bereits nach wenigen Tagen stark nachgelassen hatte, und auch eine Wirkung auf die Blutläuse nicht festgestellt werden konnte, so wurde eine neue Aufnahmestelle geschaffen (vgl. Abb. 29; Aufnahmestelle 2). Der Durchmesser der Schnittfläche betrug hier ebenfalls 3 mm. Angewandt wurde Pyridin 1:50. Das Ergebnis war wie folgt:

**Zusammenstellung II.**

Versuchsbeginn am 18. 5. 25. 10,40 a. m. Wetter: sehr warm, halbbedeckt, schwacher Regen (nachmittags).

| Datum | Stunde | Absorbierte Menge | Wetter | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| 19. 5. 25 | 4,30 p. m. | 18 ccm | sehr warm, sonnig | Schnittfläche des Zweiges nicht erneuert |
| 20. 5. 25 | 10,30 a. m. | 4 „ | sehr warm, sonnig | desgl. |
| 21. 5. 25 | nicht kontrolliert | | sehr warm, sonnig | desgl. |
| 22. 5. 25 | 10 a. m. | 8 ccm (an 2 Tagen) | sehr warm, etwas Regen (mittags) | desgl. |
| 23. 5. 25 | 9,55 a m. | 3 ccm | sehr warm, halbbedeckt | desgl. |

In 5 Tagen = 33 ccm Pyridin 1 : 50 absorbiert.
Wirkung auf die Pflanze: keine.
Wirkung auf die Blutläuse: keine.

Wegen des zunehmenden Blutlausbefalls wurden am 26. 5. 1925 5 weitere Aufnahmestellen (vgl. Abb. 29; Aufnahmestellen 3, 4, 5, 6 und 7) geschaffen, und zwar tauchten die gekappten, z. T. noch grünen Zweige, deren Schnittflächen einen Durchmesser von etwa 3 mm hatten, in Pyridin 1:500, das in 100 ccm haltenden Fläschchen untergebracht war, ein. Die Aufnahmestellen 1 und 2 waren inzwischen mit Baumwachs verschlossen worden. Das Ergebnis ist aus der Zusammenstellung III zu ersehen.

Wenn wir nun zunächst das negative Ergebnis in bezug auf die Wirkung des Pyridins auf die Blutläuse außer acht lassen, so ist aus dem vorstehenden Versuch zu ersehen, daß trotz öfterer Erneuerung der Schnittflächen an den der Aufnahme der Flüssigkeit dienenden Zweigen und des äußerst günstigen Wetters (siehe Ergebnis Nr. 1) die Stärke der Absorption einer wässerigen Pyridinlösung bereits nach der verhältnismäßig kurzen Zeit von 24 Stunden *ganz erheblich nachläßt.* Diese Tatsache ist im übrigen bereits von *Rumbold* und *Shewirjeff* bei Versuchen mit anderen Stoffen festgestellt worden. *Rumbold* teilt beispielsweise mit, daß von kolloidalen Lösungen von Metallen am meisten in den ersten 24 Stunden aufgenommen wurde, daß aber dann die Absorptionsgeschwindigkeit nachließ (vgl. S. 23). Aus einer Tabelle *Shewirjeffs* (vgl. S. 32) ist zu ersehen, daß von 12 p. m. — 1 p. m. (in 1 Stunde) 530 ccm 0,05 %ige Methylenblaulösung absorbiert wurden, dieweil 24 Stunden später von 10 a. m. — 5 p. m. (in 7 Stunden) unter gleichen Verhältnissen nur 185 ccm

**Zusammenstellung III.**

Versuchsbeginn am 26. Mai 1925. 3,30 p. m. Wetter: warm, bedeckt, Regen (nachmittags).

| Datum | Stunde | Absorbierte Menge in ccm | | | | | Wetter | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | | |
| | | Aufnahmestelle | | | | | | |
| 27. 5. 25 | 4 p. m. | 9 | 35 | 25 | 24 | 60 | warm, teilweise sonnig | |
| 28. 5. 25 | 2 p. m | 3 | 3 | 3 | 1 | 8 | Regen, windig | |
| 29. 5. 25 | 3 p. m. | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | warm, teilweise sonnig, Regen (morgens) | Schnittfläche der Zweige erneuert. |
| 30. 5. 25 | 10,30 a. m. | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | warm, teilweise sonnig, 30./31. Regen (nachts) | |
| 31. 5. 25 | — | nicht kontrolliert | | | | | sonnig, leichter Wind | |
| 1. 6. 25 | — | nicht kontrolliert | | | | | sonnig, leichter Wind, 1./2. Regen (nachts) | |
| 2. 6. 25 | 10 a. m. | 10 | 5 | 8 | 6 | 6 | sehr warm, vormittags bedeckt, nachmittags sonnig | Schnittfläche der Zweige erneuert. |
| 3. 6. 25 | 3 p. m. | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | warm, vormittags bedeckt, nachmittags teilw. sonnig | |
| 4. 6. 25 | 2 p. m. | — | 2 | 3 | 1 | — | sehr warm, sonnig | |

in 9 Tagen = 240 ccm Pyridin 1:500 absorbiert,

Wirkung auf die Pflanze: keine. Wirkung auf die Blutläuse: keine.

(= ca. 26 ccm in 1 Stunde) aufgenommen wurden. Nach alledem zu urteilen, dürfte es also mit großen Schwierigkeiten verknüpft sein, mit Hilfe der „Zweigmethode" (wohl auch der anderen Methoden) in einen Baum die Menge einer Flüssigkeit einzuführen, die eine vollkommene und zwar gleichmäßige Durchtränkung desselben garantiert. Da nun nach Rumbold die Absorptionsgeschwindigkeit auch von der Art der zu absorbierenden Flüssigkeit abhängig ist (vgl. S. 23, 24 u. a. 158), so besteht hier immerhin die Möglichkeit der Absorption größerer Flüssigkeitsmengen, ohne daß man eine Änderung in bezug auf die Zahl und Größe der Aufnahmestellen eintreten lassen muß. Im Übrigen sind auch hier gewisse Grenzen gesetzt.

Was nun die Wirkung auf die Blutläuse betrifft, so betrug die innerhalb 18 Tagen aufgenommene Flüssigkeitsmenge insgesamt 351 ccm; sie stellte nur einen Bruchteil des Volumens des Baumes dar. Auf die Blutläuse hatte daher die ganze Behandlung auch nicht die geringste Wirkung, und zwar zunächst weil die Dosis curativa, die einer gleichartigen Durchtränkung mit Pyridin 1:500 entsprechen dürfte (vgl. Versuch S. 80) nicht im entferntesten erreicht wurde (318 ccm Pyridin 1:500 + 330 ccm Pyridin 1:500 (=33 ccm Pyridin 1:50) = 648 ccm Pyridin 1:500). Weiterhin hätte auch die Aufnahmedauer wesentlich kürzer sein müssen. Eine Behandlung, die sich über etwa 3 Wochen erstreckt, kommt außerdem für die Praxis nicht in Betracht.

## IV. Welche Aussicht besteht, das innere Heilverfahren dem Pflanzenschutz nutzbar zu machen?

Ziehen wir zunächst die zahlreichen zu Anfang meiner Ausführungen referierten Arbeiten von Mokrzecki, Rumbold, Shattuck, Shewirjeff[1]), Wellhouse u. a. m. in Berücksichtigung, so zeigen diese, trotz einiger Erfolge, die erzielt wurden, doch mit aller Deutlichkeit, daß es noch eine Reihe von erheblichen Schwierigkeiten zu überwinden gilt, bevor an eine praktische Anwendung des Verfahrens gedacht werden kann. Um diese Schwierigkeiten beheben zu können, sei daher zunächst auf die hauptsächlichsten Mängel, die dem Verfahren, so wie es von den oben genannten Versuchsanstellern zur Anwendung gebracht wurde, noch anhaften, aufmerksam gemacht.

Was die Methodik betrifft, so ist zu beanstanden, daß durch das Anbringen von Bohrlöchern in den Stamm (vgl. die von Goppelsroeder, Hartig, Kraus, Mokrzecki, Pachassky, Roth, Rumbold, Schmidt, Shewirjeff und Tschermak angewandten Methoden) die Bäume schwer geschädigt werden. Es handelt sich hier um ganz beträchtliche Verletzungen, die die Pflanze auch dann noch nachteilig beeinflussen, wenn eine entsprechende Behandlung derselben (Verschluß der Bohrlöcher usw.) erfolgt, denn es werden je nach der Anzahl der Bohrlöcher mehr oder weniger zahlreiche Gefäße durchtrennt, die nie mehr in volle Funktion zu treten vermögen. Die richtige Anordnung der Bohrlöcher ist auch nicht immer leicht. Weiterhin stellen die geschaffenen Verletzungen stets Eingangspforten für Krankheitserreger z. B. Pilze dar. Bäume, die leicht zu Gummose neigen, kommen für eine solche Behandlung überhaupt nicht in Betracht. Bei einer Wiederholung des Verfahrens müssen übrigens neue Bohrlöcher geschaffen werden. In bezug auf das Meißelverfahren (vgl. Mokrzecki, Shewirjeff u. a.) gilt das Gleiche. Das Absägen der Wurzeln (vgl. Berlese, Gaunersdorfer, Kraus und Tschermak) ist ebenfalls zu verwerfen. Hier handelt es sich um eine besonders starke Schädigung des pflanzlichen Organismus, denn mit dem abgeschnittenen Teil der Wurzel geht stets eine große Anzahl der für die Aufnahme von Nährstoffen so wichtigen Saugwürzelchen verloren. Dieser Verlust wird auch nach längerer Zeit kaum ausgeglichen werden, zumal man, um eine schnelle Aufnahme zu erzielen, immerhin eine der stärkeren Wurzeln wählen muß. In bezug auf die Infektionsgefahr durch Pilze bestehen hier besonders starke Bedenken. Die Methode, wonach die Aufnahme fremder Stoffe durch die Pflanze in der Weise erfolgt, daß in die weichen, saft-

[1]) Shewirjeff (1903) teilt hierzu allerdings mit, daß die gelegentlich der Gewinnung von Ahornsaft in den Stamm der Bäume gebohrten Kanäle und die am Stamm angebrachten Einschnitte keinen Schaden verursachten. In den Vereinigten Staaten soll man nach seinen Angaben von einem einzigen Ahornbaum 50 Jahre lang, indem man jedes Jahr neue Bohrlöcher am Stamm anbringt, stets gleichbleibende Quanten des Stoffes erhalten.

Tabelle X.
**Versuchsbeginn 18. August 1924.**

| Nummer | Präparat | Konzentration | Pflanzenart | Gewicht des Zweiges g | Aufgenommene Flüssigkeitsmenge ccm | Aufnahmedauer Stunden | Temperatur | Beleuchtung | Wirkung auf die Pflanze |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Pyridin . . . . . . | 1 : 100 | Apfel | 50 | 50 | $22^3/_4$ | Zimmertemperatur 16—22 ° C | diffuses Licht | 21. August 1924. Zwei Blätter am Rand beschädigt (Blätter oben am Ende des Zweiges), Schädigung durch Pyridin. 22. August 1924 eine größere Anzahl von Blättern dürr, matt (glanzlos), keine Farbveränderung. 23. August 1924 Zweig völlig dürr[1]). |
| 2 | Pyridin . . . . . . | 1 : 250 | | 43 | 43 | 20 | | | 21. August 1924. Ein Blatt am Rand beschädigt (Blatt oben am Ende des Zweiges), Schädigung durch Pyridin. Am 22. August 1924 unverändert. 23. August 1924 einige Blätter zum Teil dürr (hellere Farbe und nicht glänzend)[1]). Keine Schädigung durch Pyridin. |
| 3 | Pyridin . . . . . . | 1 : 500 | | 32 | 32 | $21^1/_2$ | | | 21. August 1924 unbeschädigt. 22. August 1924 unverändert. 23. August 1924 unverändert. |
| 4 | Pyridin . . . . . . | 1 : 1000 | | 44 | 44 | $23^3/_4$ | | | 21. August 1924 Ein Blatt am Rand beschädigt (Blatt oben am Ende des Zweiges), Schädigung durch Pyridin. Am 22. August 1924 unverändert. 23. August 1924 unverändert. |
| 5 | Wasser (Kontrolle) . . | — | | — | — | — | | | 21. August 1924 unbeschädigt. 22. August 1924 Triebspitze etwas schlaff) hängt nach unten). 23. August 1924 alle Blätter völlig dürr (hellere Farbe, matt (nicht glänzend)[1]). |

[1]) Dies ist wohl auf die vorgeschrittene Jahreszeit zurückzuführen.

führenden Teile von Pflanzen Stäbchen aus Holz oder Metall eingeführt werden, die mit einem Überzug der einzuverleibenden Substanz versehen oder mit derselben imprägniert sind (vgl. Schneider), erscheint auch nicht ganz harmlos. Außerdem bestehen, wie auch bei den anderen besprochenen Methoden, anderweitige Schwierigkeiten, von denen noch die Rede sein wird.

In bezug auf die verschiedenen bisher angewandten Apparate ist vor allem zu beanstanden, daß deren Montierung viel zu viel Zeit in Anspruch nimmt, wie auch die alsdann einsetzende Behandlung sehr häufig einer dauernden Überwachung bedarf. Am kompliziertesten ist wohl die von Shewirjeff beschriebene und von verschiedenen Versuchsanstellern (Rumbold u. a.) angewandte Apparatur. Aber auch das Anbringen von Aluminiummanschetten oder Zinkblechbehältern (Meißelverfahren), die ja gut gegen den Stamm abgedichtet werden müssen, ist umständlich und beansprucht viel Zeit.

Von den anzuwendenden Stoffen scheinen zunächst bestimmte Flüssigkeiten geeignet zu sein, und zwar schwache Lösungen bzw. starke Verdünnungen gewisser Chemikalien. Diese werden nämlich im allgemeinen verhältnismäßig schnell von den Pflanzen aufgenommen; sie breiten sich rasch im Gewebe aus, auch sind sie für die Pflanzen unschädlich. Um aber eine vollkommene Wirkung auf Parasiten und Krankheiten der Pflanzen zu erzielen, muß zum mindesten eine völlige Durchtränkung der Pflanzen erfolgen und das innerhalb kurzer Zeit. Mit Hilfe der bisher angewandten Methoden läßt sich dies, sofern hierzu größere Flüssigkeitsmengen nötig sind (bei ungünstigem Index), auch unter sonst günstigen Bedingungen schwerlich erreichen (vgl. Versuche von Rumbold und Shewirjeff). Selbst bei Anwendung des Reimannschen Verfahrens, bei welchem eine mit vielen Bohrern ausgerüstete Maschine zur Anwendung kommt, und wobei den Bäumen ganz erhebliche Verletzungen zugefügt werden, wird eine völlige Durchtränkung derselben mit Farblösungen erst nach längerer Zeit erzielt[1]). Ich verweise hier auch auf die Tatsache, daß selbst in Flüssigkeiten eingestellte, abgeschnittene Zweige, in welchem Falle ja alle Gefäße an der Aufnahme teilnehmen, erst nach längerer Zeit solche Mengen absorbieren, die eine völlige Durchtränkung garantieren (vgl. S. 112). Im übrigen ist in der Praxis auch mit der Tatsache zu rechnen, daß eine auch nur einigermaßen genaue Bestimmung des Volumens der zu behandelnden Pflanze in seltenen Fällen gelingen dürfte. Das Einverleiben fester, im Gewebssafte der Pflanzen löslicher Stoffe kommt wohl kaum in Betracht. Nach den bisher gemachten Erfahrungen zu urteilen, dürften dieselben die Pflanzen zu mindesten an und in der Nähe der Einführungsstellen schädigen. Ganz abgesehen davon, daß beim Anbringen der für die Einführung der Stoffe

[1]) Hier sei allerdings bemerkt, daß sich Farblösungen anders verhalten als Lösungen von Salzen usw.

nötigen Bohrlöcher Luft in die angeschnittenen Gefäße eindringt, wodurch, wie auch durch die Unterbrechung des Transpirationsstromes an der Aufnahmestelle, der Transport und somit die Ausbreitung der in Lösung gegangenen Teile der eingeführten Stoffe stark beeinträchtigt wird. Die Erfolge, die trotzdem unter Anwendung fester, wasserlöslicher Stoffe erzielt wurden (vgl. die Versuche von Shattuck [gegen im Holz lebende Käferlarven] und Mokrzecki [gegen die Chlorose der Apfel- und Birnbäume]) dürften darauf zurückzuführen sein, daß, solange die Bohrlöcher noch feucht waren, in Lösung gegangene Teile jener Stoffe in die noch intakten Gefäße diffundierten und somit eine Ausbreitung möglich war. Der Umstand, daß es sich um sehr wirksame Präparate handelte, trug hier sicher viel zum Gelingen der Versuche bei.

Was nun die Wirkung der bisher angewandten Stoffe auf die zu bekämpfenden Parasiten bzw. zu heilenden Krankheiten und auch auf die zu behandelnden Pflanzen betrifft, so haben die angestellten Untersuchungen zu einem praktisch verwertbaren Ergebnis nicht geführt. Es gelang auch nicht in einem Falle die Frage der Dosierung zu lösen, also, wie jetzt allgemein üblich, die Wirkungsweise irgend eines der angewandten Stoffe durch das Verhältnis zwischen der Dosis curativa und der Dosis tolerata unter Berücksichtigung aller Begleitumstände zu kennzeichnen. Daß aber ohne solche Feststellungen jedes der für den Pflanzenschutz in Betracht kommenden Verfahren versagen muß, liegt auf der Hand.

Um nun das innere Heilverfahren dem Pflanzenschutz nutzbar machen zu können, gilt es also zunächst die soeben geschilderten Mängel zu beseitigen bzw. die in nachfolgender Zusammenstellung angeführten hauptsächlichsten Bedingungen zu erfüllen.

A. Methodik.

1. Die Pflanzen dürfen durch die Behandlung in keiner Weise geschädigt werden;
2. Die Methode muß einfach und jederzeit anzuwenden sein;
3. Die Anwendung einer besonderen Apparatur soll möglichst vermieden werden;
4. Die Methode soll eine schnelle und dabei gleichmäßige Durchtränkung der Pflanze gewährleisten;
5. Eine öftere Anwendung der Methode soll ohne Nachteil für die Pflanze möglich sein.

B. Die anzuwendenden Stoffe.

1. Diese sollen in möglichst geringen Mengen auf irgend einen Parasiten oder irgend eine nicht parasitäre Krankheit wirken, hingegen aber selbst bei Anwendung größerer Mengen für die Pflanze unschädlich sein. Mit anderen Worten, das Verhältnis zwischen

Dosis curativa und Dosis tolerata bzw. toxica (der chemotherapeutische Index) soll eine möglichst kleine Zahl sein.

2. Die Wirkung auf den Parasiten bzw. die Krankheit soll sich möglichst bald nach der Vornahme der Behandlung zeigen (direkte Bekämpfung) und auch möglichst lange vorhalten (prophylaktische Behandlung); neben der Abtötung der Parasiten kann in bestimmten Fällen eine Abwanderung derselben als ausreichend betrachtet werden. Es ist dabei gleichgültig, ob die Stoffe als solche oder unter ihrem Einfluß in den Pflanzen entstandene neue Verbindungen wirken.
3. Sie müssen sich rasch und gleichmäßig in der ganzen Pflanze ausbreiten, also auch das Zellgewebe leicht durchdringen.

Nachdem wir im Vorstehenden die wichtigsten der zu erfüllenden Bedingungen kennen gelernt haben, denen gerecht zu werden die in vorliegender Schrift beschriebenen Versuche angestellt wurden, sei nunmehr erörtert, inwieweit die Ergebnisse jener Untersuchungen geeignet sind, zur Lösung des Problems beizutragen.

Was zunächst die anzuwendende Methode betrifft, so käme möglicherweise die „Zweigmethode“ in Betracht. Wenn schon diese Art der Applikation von Stoffen nur bei Holzgewächsen und zwar in erster Linie bei Bäumen zur Anwendung kommen kann, so bietet dieselbe, da hier im Gegensatz zu den anderen Methoden eine Verletzung lebenswichtiger Organe der zu behandelnden Pflanzen vermieden wird, immerhin einen wesentlichen Vorteil. Erwähnt sei nur, daß man bei solchen Bäumen, die sowieso jedes Jahr geschnitten werden, bei Vornahme des Schnittes einige Zweige zu diesem Zwecke an diesen belassen kann. Die „Zweigmethode“ ist im übrigen auch sehr einfach, denn es gilt lediglich die gekappten Zweigenden in die aufzunehmende Flüssigkeit eintauchen zu lassen. Man biegt zu diesem Zwecke die Zweige herunter und führt dieselben, um einen Eintritt der Luft in die Gefäße zu verhüten, im Augenblick der Herstellung der Schnittfläche in die, in nicht zu großen Flaschen befindliche Flüssigkeit ein. Die Flaschen selbst werden alsdann, um ein Herabfallen zu verhüten, an den Zweigen befestigt. So einfach nun auch jene „Zweigmethode“ ist, so läßt sie sich leider nicht in allen Fällen zur Anwendung bringen. Da bei Anwendung dieser Methode sowohl die Größe als auch die Form der Bäume eine ganz wesentliche Rolle spielt, so kommt es also nicht allein auf die Art der Pflanze, sondern auch auf das zu behandelnde Objekt selbst an. Es dürfte z. B. mit Schwierigkeiten verknüpft sein, hochstämmige Buchen, deren unterste Seitenzweige sich mitunter erst in 10 m Höhe über dem Boden befinden, mit Hilfe der genannten Methode zu behandeln. Besonders geeignet dürften hingegen u. a. unsere Obstbäume sein; diese sind meist nicht so groß und weisen schon in geringem Ab-

stand vom Boden Seitenzweige auf. Außerdem kommt dem Verfahren auch ihr meist regelmäßiger Wuchs sehr zu statten. Ob die Methode eine gleichartige Durchtränkung der Bäume zuläßt, läßt sich, da diesbezügliche Untersuchungen in genügendem Maße noch nicht vorliegen, heute nicht entscheiden. Immerhin dürfte die Annahme berechtigt sein, daß die „Zweigmethode“ auch in dieser Hinsicht gegenüber den anderen Methoden nicht im Nachteil ist. Erwähnt sei nur, daß hier bei der Absorption der Flüssigkeiten sämtliche Gefäße (der gekappten Zweige) beteiligt sind. Außerdem ist es ja auch möglich, die Zweige so zu wählen, daß eine gleichmäßige Versorgung aller Gefäße des Hauptstammes zu erwarten ist. Von Vorteil dürfte es sein, und das wird auch in der Praxis geschehen, die die aufzunehmende Flüssigkeit enthaltenden Gefäße an den unteren Zweigen anzubringen. Die Schnelligkeit der Aufnahme läßt sich ebenfalls beeinflussen; man kann einmal die Anzahl der in den Dienst der Aufnahme zu stellenden Zweige variieren und des weiteren schwächere oder stärkere Zweige an der Aufnahme teilnehmen lassen. Unbeeinflußbar sind natürlich die Faktoren, die auf den Grad der Transpiration und somit auch auf die Stärke der Absorption bestimmend einwirken. Ferner wird der Grad der Durchtränkung wohl in keinem Falle mit Sicherheit zu bestimmen sein, da, wie bereits erwähnt, keine Möglichkeit besteht, das Volumen der Bäume einschließlich Wurzelwerk festzustellen. Eine öftere Anwendung der „Zweigmethode“ dürfte ohne Schaden für die Pflanzen möglich sein.

Wenn nun gewisse Aussichten bestehen, in bestimmten Fällen die in bezug auf die Methodik und Apparatur gestellten Bedingungen zu erfüllen, so sei nunmehr das Wichtigste über die anzuwendenden Stoffe mitgeteilt. Hier ist zunächst zu sagen, daß Flüssigkeiten, wie wässerige Verdünnungen flüssiger Stoffe (wie z. B. Pyridin, Alkohol usw.) oder in Wasser gelöste feste Stoffe (Salze usw.) der Anwendung fester, in den Gewebssäften der Pflanzen löslicher Stoffe vorzuziehen sind. Meines Erachtens kommen letztere überhaupt nicht in Betracht. Um nun feststellen zu können, ob Flüssigkeiten (wässerige Lösungen und Verdünnungen von Stoffen) schädigend auf eine bestimmte Pflanzenart wirken oder nicht, galt es, wie auch zur Ermittelung ihres Einflusses auf einen bestimmten Parasiten oder nicht parasitäre Krankheit, zunächst eine geeignete Prüfungsmethode auszuarbeiten, die eine diesbezügliche und zwar einwandfreie Charakterisierung gestattet. Wie bekannt, haben sich nun meine, allerdings nur im Laboratorium vorgenommenen Untersuchungen speziell mit jenem Gegenstand befaßt. Ich glaube annehmen zu dürfen, daß die von mir angegebenen Prüfungsmethoden den hier zu stellenden Anforderungen entsprechen, und die in bezug auf die Dosis curativa und die Dosis tolerata gegebenen Definitionen das Richtige treffen. Unter Anwendung jener Methoden gelang es nun, für eine Reihe von Stoffen

in bezug auf Flieder die bei völliger Durchtränkung für diesen gerade noch unschädlichen Konzentrationen (= Dosis tolerata) zu ermitteln. Des weiteren wurden auch einige Versuche zwecks Feststellung der Dosis curativa angestellt, doch wurde hier ein definitives Resultat nicht erzielt; dies dürfte vielmehr weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Aus diesem Grunde läßt sich nun auch in bezug auf die Möglichkeit der Aufstellung eines günstigen Index leider positives nicht sagen; eine Reihe hiervon abhängiger wichtiger Fragen harrt daher noch der Beantwortung. Über die Wirkung der Stoffe auf evtl. zu bekämpfende Parasiten bzw. nicht parasitäre Erkrankungen der Pflanzen kann lediglich mitgeteilt werden, daß das Pyridin sowohl eine zeitweilige Unanfälligkeit (Immunität) der Pflanzen (Puffbohne und Apfel) gegen Blattläuse (*Aphis fabae* Scop. und *Aphis pomi* de Geer) und auch gegen Blutlaus hervorzurufen vermag (die Tiere wandern alsdann ab bzw. laufen eine neue Nahrungsquelle suchend umher), als auch eine abtötende Wirkung auf die genannten Schädlinge ausüben kann (die Tiere bleiben alsdann in ihrer ursprünglichen Stellung [wie an den Zweigen saugend] sitzen). Die Wirkung auf die genannten Parasiten trat meist schon während der Aufnahme des Pyridins, also innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit auf; eine direkte Bekämpfung derselben scheint somit durchaus möglich. Inwieweit eine vorbeugende, also prophylaktische Behandlung in Betracht kommt, läßt sich, da entsprechende Versuche nicht vorliegen, heute noch nicht entscheiden. Was nun den Index betrifft, so scheint, nach den mit Pyridin angestellten Untersuchungen zu urteilen, ein wesentlicher Unterschied zwischen der Dosis curativa und der Dosis tolerata nicht zu bestehen. Um eine Wirkung mit Pyridin auf Blattläuse oder die Blutlaus zu erzielen, waren stets solche Verdünnungen nötig, die gerade noch von der Wirtspflanze ertragen wurden; der Index war also stets ziemlich groß. Der Index (c/t) dürfte sich möglicherweise aber in solchen Fällen wesentlich günstiger gestalten, wo eine vorbeugende Behandlung derart vorgenommen wird, daß man, wie K. Müller (1924) angibt, entlaubte, also nur widerstandsfähige Organe aufweisende Pflanzen gelegentlich des Herbstschnittes durch die Schnittstellen der Zweige starke Lösungen von Stoffen (nach Müller 35 bis 45%ige Eisensulfatlösungen) aufnehmen läßt, von welchen erst im folgenden Jahre eine Wirkung auf bestimmte nicht parasitäre Krankheiten (im vorliegenden Falle Chlorose) erwartet wird. Voraussetzung wäre allerdings, daß die entlaubte Pflanze imstande ist, in verhältnismäßig kurzer Zeit genügende Mengen der gebotenen Flüssigkeit zu absorbieren. Ferner müßte die Pflanze tatsächlich auch und zwar lediglich infolge der Behandlung gegen den im nächsten Jahre mit Bestimmtheit zu erwartenden Parasiten oder die Krankheit unanfällig sein. Weiter-

hin gälte es auch festzustellen, ob die im Laboratorium erzielten Ergebnisse sich auch im Freiland (in der Praxis) reproduzieren lassen. Gelegentlich solcher Versuche (Laboratoriums- und Freilandversuche) erscheint zunächst eine Berücksichtigung solcher Parasiten angebracht, von denen man annehmen muß, daß sie besonders stark auf Veränderungen der in ihrer Wirtspflanze zirkulierenden Säfte reagieren. Hierzu sind nun ohne Zweifel zahlreiche saugende Insekten, so z. B. verschiedene und zwar monophage Blattlausarten, zu zählen. Gewisse Pilzkrankheiten und ferner auch die Chlorose dürften ebenfalls leicht zu bekämpfen bzw. zu heilen sein.

Was nun die Ausbreitung der anzuwendenden Flüssigkeiten betrifft, so wird bekanntlich eine rasche und dabei gleichmäßige Durchtränkung der Pflanzen gefordert. Die Lösung dieser Frage ist nun abhängig von einer ganzen Reihe von Faktoren. Wichtig ist auch hier das Verhältnis zwischen Dosis curativa und Dosis tolerata, denn abgesehen davon, daß ein kleiner Index ein sicheres Arbeiten gestattet (Schädigungen der Pflanzen werden z. B. hierdurch vermieden), ermöglicht derselbe auch die Anwendung geringerer Flüssigkeitsmengen. Letztere müssen in diesem Falle aber eine entsprechend höhere aber ebenfalls für alle Teile der Pflanze unschädliche Konzentration aufweisen; auch ist es erforderlich, daß sich jene geringen Flüssigkeitsmengen gleichartig in der Pflanze verteilen und somit (nach Durchmischung jener Flüssigkeit mit den in der Pflanze zirkulierenden Säften) auf die der Dosis curativa entsprechende Konzentration reduziert werden. Wie aus einigen Laboratoriumsversuchen hervorgeht (vgl. S. 160), scheint es nun nicht ausgeschlossen, auch unter Anwendung solcher geringer Flüssigkeitsmengen noch eine gleichartige Durchtränkung der Pflanzen zu erzielen; meines Erachtens dürften hierzu lediglich solche Mengen nötig sein, die zur Ausfüllung der Gefäße der betreffenden Pflanzen genügen. Bei Verwendung noch geringerer Quanten, die bei sehr günstigem Index ja möglich wäre, liefe man jedoch Gefahr, eine gleichmäßige Verteilung der Stoffe in den Pflanzen nicht mehr zu erreichen, denn die zu absorbierenden Flüssigkeiten würden in diesem Falle die angeschnittenen Gefäße so schnell passieren, daß sie kaum Gelegenheit hätten, in das die Leitbahnen umgebende Zellgewebe und somit auch in andere Gefäße einzudringen. Es muß also auch Gelegenheit zu einer seitlichen Ausbreitung der Flüssigkeiten gegeben sein; dies setzt aber eine gewisse Aufnahmedauer und somit auch die Aufnahme entsprechender Mengen voraus. Die Vorteile, die die Möglichkeit der Anwendung geringerer Flüssigkeitsmengen mit sich brächte, wären allerdings ganz erhebliche. Zunächst könnte man mit einer entsprechend geringeren Zahl von Absorptionsstellen auskommen. Des weiteren

fiele ein öfteres Nachfüllen der die zu absorbierenden Flüssigkeiten enthaltenden Behälter weg. Letztere könnten auch wesentlich kleiner gewählt werden. Die Aufnahme könnte im übrigen in verhältnismäßig kurzer Zeit von statten gehen. Dies wäre auch schon deshalb erwünscht, weil die Absorption bereits nach wenigen Tagen erheblich nachläßt. Unbeeinflußbar bleiben natürlich die auf die Absorptionsgeschwindigkeit wirkenden Witterungsverhältnisse. Immerhin ist bei einer schnellen Aufnahme aber auch die Abhängigkeit vom Wetter bedeutend geringer. Bei einer kurzen Aufnahmedauer dürfte also der Fall kaum vorkommen, daß die Absorption durch während der Behandlung eintretende, ungünstige Witterungsverhältnisse unterbrochen wird. Zu der Tatsache, daß eine Anwendung des inneren Heilverfahrens hauptsächlich im Frühjahr und Sommer in Betracht kommt, wäre zu bemerken, daß sich gerade zu dieser Zeit eine Reihe wichtiger Schädlinge und auch Pilzkrankheiten auf den Pflanzen einstellen.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit in den Geweben hängt davon ab, inwieweit Zellwand und Protoplast für die Flüssigkeiten permeabel sind. Die von mir angewandten wässerigen Verdünnungen bzw. Lösungen verschiedener Stoffe haben sich, wie aus verschiedenen Versuchen hervorgeht, ähnlich wie Wasser verhalten. Dies dürfte auch für andere Stoffe gelten.

Erwähnt sei noch, daß man, wie bereits angedeutet, in bestimmten Fällen auch die Möglichkeit hat, d. h. sofern es die Form (Wuchsart) der zu behandelnden Pflanze (des Baumes) zuläßt, durch eine entsprechende Anordnung der Aufnahmestellen einer gleichartigen Verteilung der Stoffe Vorschub zu leisten.

Des weiteren kann man die Geschwindigkeit der Absorption, die ja von der Zahl bzw. dem Gesamtquerschnitt der in den Dienst der Aufnahme gestellten Gefäße abhängig ist, günstig beeinflussen. Allem diesem dürfte die bereits charakterisierte „Zweigmethode“ Rechnung tragen (vgl. Versuche S. 177 u. f.).

Da es nun vor allem gilt, die Ergebnisse meiner Untersuchungen nachzuprüfen, sowie auch die verschiedenen Anregungen weiter zu verfolgen, und insbesondere auch zwecks Ermittelung eines besonders günstigen Index Versuche mit möglichst vielen Stoffen anzustellen, wurde nachstehende Formel aufgestellt, welche durch Berücksichtigung zahlreicher Faktoren eine gute Charakterisierung der Stoffe gestattet. In dieser kommt als Hauptfaktor naturgemäß der Index ($\vartheta = c/t$) in Betracht, um welchen sich alsdann die übrigen Faktoren entsprechend gruppieren.

Wenn wir nun auf die Frage der Möglichkeit der Nutzbarmachung des inneren Heilverfahrens für den Pflanzenschutz zurückkommen, so sind hierfür die Aussichten, sofern

| | | |
|---|---|---|
| Methode und Apparatur.<br>Präparat:<br>Art und Zustand,<br>absorbierte Menge,<br>Dauer der Absorption,<br>Grad der Durchtränkung der Pflanze.<br>Parasit bzw. Krankheit:<br>Art,<br>Entwicklungsstadium,<br>Stärke des Auftretens,<br>Art des Befalls,<br>Sitz der Krankheit.<br>Pflanze:<br>Art (Rasse),<br>Entwicklungszustand,<br>Volumen. | **Dosis curativa = c.**<br>Auf tierische oder pflanzliche Parasiten oder nicht parasitäre Krankheiten wirksame Konzentration.<br>Für tierische Parasiten kommen die 3 Abstufungen in der Wirkung $c^i$, $c^{i+t}$ und $c^t$ in Betracht.<br>=<br>Für die Wirtspflanze bzw. erkrankte Pflanze erträgliche, unschädliche Konzentration.<br>**Dosis tolerata = t.** | Örtlichkeit.<br>Jahreszeit (Datum des Versuches bzw. der Behandlung).<br>Meteorologische Verhältnisse:<br>Temperatur,<br>Feuchtigkeitsgehalt der Luft,<br>Bewölkung,<br>Luftbewegung usw.<br>Feststellungen spezieller Art:<br>Hierzu gehören u. a. die Angaben über<br>1. das Auftreten und die Art der ersten Anzeichen einer Wirkung,<br>2. die Zeitdauer bis zum Eintritt einer vollkommenen Wirkung,<br>3. die Dauer der Wirkung bzw. der Immunität. |

**Index = $\vartheta$.**

es sich um die in vorliegender Schrift beschriebene direkte Einführung von Stoffen in den pflanzlichen Organismus handelt, nach wie vor sehr gering.

**Von größter Wichtigkeit wäre es daher, auch Untersuchungen darüber anzustellen, ob nicht, wie gerade in letzter Zeit des öfteren angeregt, durch eine Behandlung des Bodens, also eine indirekte Einführung von Stoffen in die Pflanzen, eine Wirkung auf bestimmte Parasiten und Krankheiten derselben erzielt werden kann.** Anfänge einer solchen Versuchstätigkeit, die verschiedentlich von Erfolg begleitet war, sind ja bereits vorhanden. Es sei hier nur auf die Mitteilungen von Green, Simon, Massee (1903), Salmon (1904), L. Hiltner (1909), Löw (1924) Meincke (1924), K. Müller (1924) hingewiesen. Auch liegen, ohne daß spezielle Versuche angestellt wurden, zahlreiche Beobachtungen vor, die mit Bestimmtheit eine Beeinflussung der Resistenz von Pflanzen gegen Parasiten infolge einer bestimmten Behandlung des Bodens erkennen lassen [vgl. Daniel (1808), Laurent (1899), Jordi (1906), Spinks (1913), Comes (1913), Rivera (1913), Stutzer (1917), Vavilov (1918), Denck (1921) u. a. m.].

Besonders erwähnt seien die ebenso interessanten wie wichtigen Arbeiten von Davidson (1923, 1925), der nicht nur auf die Bedeutung der verschiedenen Zusammensetzung und Konzentration des Zellsaftes der Pflanzen für die Biologie und Physiologie der Aphiden hingewiesen, sondern auch eingehende Untersuchungen

über den Einfluß der verschiedensten Faktoren, so auch bestimmter Kulturmaßnahmen (Düngung) auf die Anfälligkeit von *Vicia faba* L. gegen *Aphis fabae* Scop. angestellt hat. Ferner sei auch auf die vor kurzem erschienene Schrift von Schaffnit und Böning (1925), aufmerksam gemacht, in welcher unter anderem aufgefordert wird, den Einfluß der Ernährung der Pflanze auf ihre Resistenz gegenüber parasitären Krankheitserregern planmäßig zu studieren. Man kann dem nur beipflichten, zumal es nicht ausgeschlossen scheint, daß wir auf diesem Wege noch am ehesten zum Ziele kommen, ganz abgesehen davon, daß diese Art des inneren Heilverfahrens im Gegensatz zur direkten Einführung von Stoffen in die Pflanzen, die ja nur bei Holzgewächsen (Bäumen) durchführbar ist, bei den meisten unserer Nutzpflanzen, seien es nun baum-, strauch-, krautoder grasartige Gewächse, zur Anwendung kommen kann. Natürlich sind auch bei diesem Verfahren eine Reihe von Bedingungen zu erfüllen, die wichtigsten seien hier kurz mitgeteilt:

1. Muß der anzuwendende Stoff gleichmäßig im Boden verteilt werden.
2. Muß durch die Beimengung des anzuwendenden Stoffes zu dem Boden eine genügende Wirkung auf bestimmte Parasiten oder nicht parasitären Krankheiten der Pflanzen ausgeübt werden.
3. Da in manchen Fällen die Behandlung des Bodens nur vor der Aussaat möglich ist, so muß der Einfluß des Stoffes auch nach längerer Zeit noch ein genügender sein, um auch später, in bestimmten Entwicklungsstadien der betreffenden Pflanzen, auftretende Parasiten und nicht parasitäre Krankheiten von den Pflanzen fernzuhalten.
4. Die Wirkung des durch Einführung des Stoffes veränderten Bodens muß sich auf die zu bekämpfenden Parasiten und Krankheiten innerhalb möglichst kurzer Zeit bemerkbar machen.
5. Der durch Beimengung von Stoffen veränderte auf Parasiten oder Krankheiten der angebauten oder noch anzubauenden Pflanzen wirksame Boden darf eine nachteilige Wirkung auf die Pflanzen nicht ausüben.
6. Da diese Methode die Anwendung erheblich größerer Mengen des an sich wirksamen oder den Boden wirksam machenden Stoffes erfordert, als zur Immunisierung aller auf der behandelnden Bodenfläche wachsenden Pflanzen nötig ist, so muß, da hier immerhin mit einer Speicherung des Stoffes durch die Pflanzen zu rechnen ist, der Index ein sehr günstiger sein.
7. Der Preis des Stoffes muß eine ausreichende Behandlung des Bodens zulassen.

**Die Bedeutung des inneren Heilverfahrens für den Pflanzenschutz.**

Anschließend an die vorstehenden Ausführungen, die mit aller Deutlichkeit erkennen lassen, daß es zum mindesten noch ungezählter Versuche und Beobachtungen bedarf, um das innere Heilverfahren der Praxis zugänglich zu machen, sei nunmehr, obwohl man bei der Bearbeitung eines Problems nicht nur dessen praktische Seite im Auge haben soll, auch kurz erörtert, welche Bedeutung demselben beizumessen ist.

Zunächst sei zu der Frage der Anwendungsmöglichkeit des inneren Heilverfahrens[1]) Stellung genommen. Hier ist nun ohne weiteres anzunehmen, **daß dasselbe für die Mehrzahl unserer Kulturpflanzen in Betracht kommt.** Zu berücksichtigen ist ferner, daß diese Bekämpfungsmethode ohne Zweifel auch **gegen eine ganze Reihe, und zwar äußerst schädlicher Parasiten und nichtparasitärer Krankheiten Verwendung finden kann.** So kommen unter den **tierischen Parasiten** in erster Linie saugende Insekten und auch gewisse Milben, die sich von Pflanzensäften nähren, in Betracht. Hierher gehören die Blasenfüße *(Thrips)*, Cikaden, Blattflöhe (Psylliden), Mottenschildläuse (Aleurodiden), Blattläuse (Aphiden), Afterblattläuse (Chermesiden) und Schildläuse (Cocciden); unter den Milben sind es Formen der Familien *Tetranychidae*, *Tarsonemidae* und *Eriophyidae*. Von den **pflanzlichen Parasiten** der Pflanzen sind hier die Meltaupilze (Erysibaceen) und die Peronosporeen, von den **nicht parasitären Krankheiten** der Pflanzen die Chlorose und andere durch Stoffwechselstörungen hervorgerufene Erkrankungen zu nennen. **Es darf daher wohl gesagt werden, daß der Anwendung des Verfahrens ein weiter Spielraum gelassen sein würde.** Allerdings wird jenes zurzeit noch fast unbearbeitete Gebiet erst nach und nach erschlossen werden können. Dies gilt umsomehr, als es nicht immer möglich sein wird, eine gegen einen bestimmten auf einer bestimmten Pflanze lebenden Parasiten durchgeführte erfolgreiche Bekämpfung auf andere Pflanzen oder Parasiten zu übertragen. Gelänge es beispielsweise durch Einführung eines Stoffes in einen Apfel und zwar eine bestimmte, blutlausanfällige Sorte, dieselbe für einige Zeit gegen Blutlaus immun zu machen, so wäre es also noch sehr fraglich, ob das Experiment bei einer anderen, ebenfalls anfälligen Sorte das gleiche Resultat ergäbe. Wir haben demnach, wie bei d enanderen chemischen Bekämpfungsmaßnahmen, stets in Berück-

[1]) In Betracht kommt je nach den näheren Umständen entweder die direkte Einführung von Stoffen in den pflanzlichen Organismus oder die Aufnahme von Stoffen durch die intakte Wurzel (Bodenbehandlung). Über die Bedeutung des letztgenannten Verfahrens wurde bereits berichtet (vgl. S. 189).

sichtigung zu ziehen, daß wir es einerseits immer mit anderen Pflanzen, andererseits mit verschiedenen Parasiten und Krankheiten zu tun haben. Sofern eine Einführung der Chemikalien in den Boden (Bodenbehandlung) in Betracht kommt, wäre außerdem als weiterer Faktor dessen Beschaffenheit (Zusammensetzung usw.) zu beachten. Trotzdem ist es natürlich nicht ausgeschlossen, daß es Stoffe gibt, die auf bestimmte Gruppen von Parasiten oder Krankheiten wirksam sind, gleichgültig, um welche Pflanzen- und Bodenart es sich handelt.

Zur Beurteilung des inneren Heilverfahrens ist ferner ein Vergleich mit den bereits im Pflanzenschutz angewandten chemischen Bekämpfungsmaßnahmen, die man im Gegensatz zum inneren Heilverfahren als äußere Heilverfahren ansprechen kann, unerläßlich. Hier käme es nun vor allem darauf an, zu ermitteln, welche Methode am besten geeignet ist, unsere Kulturpflanzen gegen Parasiten und Krankheiten zu schützen bzw. bereits vorhandenen Befall zu beseitigen. Da nun in bezug auf das innere Heilverfahren noch keineswegs von praktischen Erfahrungen die Rede sein kann, so können wir bei einer solchen Gegenüberstellung allerdings nur Vermutungen aussprechen. Die nachfolgenden Ausführungen, in welchen nur einige der wichtigsten Punkte besprochen werden, dürften aber trotzdem für die Beantwortung der gestellten Frage nicht ohne Bedeutung sein.

Was zunächst den Schutz der parasitenfreien Pflanzen vor Befall, d. h. die prophylaktischen oder vorbeugenden Maßnahmen betrifft, so werden diese heute bekanntlich in weitgehendstem Maße angewandt. Es handelt sich hierbei stets um eine rein äußerliche Behandlung der Pflanzen mit Spritz- oder Bestäubungsmitteln, und zwar richtet sich diese gegen fressende Insekten und Pilzkrankheiten. Einer der wichtigsten Punkte, auf den es ganz besonders ankommt, ist hier nun die Dauer der erzielten Schutzwirkung. Dieselbe ist aber bekanntlich infolge Einflüsse aller Art, die auf die mit irgendwelchen Präparaten bestäubten oder bespritzten Pflanzen einwirken, sehr verschieden. Es kann hier unter Umständen vorkommen, daß die Wirkung der Präparate bereits innerhalb sehr kurzer Zeit aufgehoben wird, wodurch die Pflanzen alsbald wieder den Angriffen der Parasiten ausgesetzt sind. Eine ganz erhebliche Rolle spielen hier nun die Witterungsverhältnisse. Starker Wind, in erster Linie aber starke Regengüsse sind im Stande, innerhalb kurzer Zeit die Pflanzen, besonders deren Blätter von den sie schützenden Stoffen zu befreien. Weiterhin ist zu beachten, daß es sich selbst bei einer mustergültig durchgeführten Behandlung nicht vermeiden läßt, daß zahlreiche Stellen (Blätter) der Pflanzen, besonders bei dichter Belaubung, von dem Schutzmittel nicht getroffen werden, ganz abgesehen davon, daß während des Spritzens oder Stäubens

stets Triebe und Blätter an den Pflanzen vorhanden sind, die sich noch nicht entfaltet haben und daher später ebenfalls des schützenden Überzugs entbehren.

**Was nun das innere Heilverfahren betrifft, so dürfte dasselbe bei drohendem Befall den Pflanzen einen sichereren Schutz gewähren.** Zunächst ist nämlich mit einiger Gewißheit anzunehmen, daß, sofern durch Einführung eines bestimmten Stoffes in eine bestimmte Pflanzenart oder -rasse ein Befall derselben mit irgend einem Parasiten (in Betracht kommen hier in erster Linie saugende Insekten, Milben und Pilze) für eine bestimmte Zeit verhütet wird, **die Dauer der erzielten Unanfälligkeit sich nicht wesentlich ändern wird, auch wenn andere Witterungsverhältnisse herrschen. Eine direkte Beeinflussung der Wirkungsdauer durch äußere Einflüsse (Regen, Wind) kommt hier nicht in Betracht. Weiterhin dürfte der Schutz der Pflanzen gegen Befall auch insofern weit vollkommener sein, als der wirksame Stoff bei völliger Durchtränkung in allen Teilen der Pflanzen vorhanden ist.** Zu berücksichtigen ist jedoch, daß die Immunisierung einer Pflanze allerdings eine gewisse Zeit beanspruchen wird, wohingegen beim Spritzen oder Bestäuben bereits im Augenblick der Behandlung die Schutzwirkung vorhanden ist. Dieser Umstand fällt aber kaum ins Gewicht, denn einerseits dürfte der Zeitunterschied nicht allzu groß sein, andererseits wird man diesem Faktor Rechnung tragend vorbeugende Maßnahmen nicht erst im letzten Augenblick ergreifen.

Die Vernichtung von bereits auf den Pflanzen vorhandenen Parasiten, so saugenden und fressenden Insekten oder Pilzen[1]), bedingt die Anwendung von Stoffen, die eine unmittelbare Wirkung ausüben. In Betracht kommen hier ebenfalls zahlreiche Spritz- und Bestäubungsmittel, sowie in manchen Fällen gasförmige Stoffe (Baumbegasung), und zwar kommt es hier vor allem darauf an, daß bei einer einmaligen Anwendung jener Mittel eine möglichst hohe prozentuale Abtötung erzielt wird. Nun ist aber die Wirkung aller jener Mittel, seien es nun Kontakt- (Berührungs-), Fraß- (Magen-) oder Atemgifte oder Kombinationen derselben, bekanntlich auch in den günstigsten Fällen keine vollkommene. Sofern wir die Spritz- und Bestäubungsmittel in Berücksichtigung ziehen und zunächst einmal an die Bekämpfung der tierischen Parasiten der Pflanzen denken, so schließen bereits dichtes Laubwerk, auf der Unterseite der Blätter oder in deren Einrollungen befindliche Schädlinge (z. B. Blattläuse) einen vollen Erfolg aus. Daher kommt es auch, daß die Abtötungsziffer selbst unter Anwendung äußerst wirksamer Stoffe wie z. B. Nikotinspritzbrühen, eine verhältnismäßig geringe sein kann, und daß eine 100 %ige Abtötung der Parasiten überhaupt nicht in Frage kommt.

[1]) Bei Pilzkrankheiten werden meist vorbeugende Maßnahmen ergriffen.

Allgemein bezeichnet man daher die Präparate, die bei einmaliger Anwendung über 50% der Schädlinge vernichten, als brauchbar; diejenigen, bei welchen die Abtötungsziffer eine geringere ist, als unbrauchbar. In bezug auf die gasförmigen Gifte ist allerdings zu sagen, daß beispielsweise die zur Vertilgung der auf Oliven und Orangen vorkommenden tierischen Parasiten, wie Schildläuse usw., verwandte Blausäure eine vollkommenere Abtötung der Schädlinge bewirkt. Die direkte Bekämpfung pflanzlicher Parasiten der Pflanzen, zu welcher man meist die auch für eine vorbeugende Behandlung in Betracht kommenden Spritz- und Bestäubungsmittel verwendet, ist also auch nicht immer von einem vollen Erfolg begleitet. Auch hier kommen die Fälle in Betracht, wo das erforderliche in Berührungtreten der wirksamen Stoffe mit den Parasiten rein mechanisch verhindert wird.

Bei Anwendung des inneren Heilverfahrens zur Befreiung der Pflanzen von tierischen und pflanzlichen Parasiten wäre zunächst zu berücksichtigen, daß mit einer Wirkung bereits wärend der Behandlung der Pflanzen, so wie es beispielsweise bei der Anwendung von Kontaktgiften (Nikotinbrühen) gegen Insekten (Blattläuse) der Fall ist, in keinem Fall zu rechnen sein dürfte. Wir müssen hier, wie schon erwähnt, in Betracht ziehen, daß es stets einer gewissen Zeit bedarf, bis eine völlige Durchtränkung der Pflanzen erfolgt ist, d. h. bis ein Inkontakttreten des wirksamen Stoffes mit den zu bekämpfenden Parasiten stattgefunden hat. **In diesem Falle dürfen wir aber andererseits eine Wirkung auf alle auf den Pflanzen befindlichen Parasiten erwarten.** Die Art der Wirkung ist von der äußerlich anzuwendender Mittel, sofern es sich hier nicht um reine Abwehrmittel handelt, und wir nur die tierischen Parasiten berücksichtigen, verschieden. Durch die Einführung von Stoffen in die Pflanzen werden wir im Gegensatz zur äußerlichen Anwendung von Stoffen, die, wie z. B. das Nikotin, bereits während der Behandlung eine abtötende Wirkung entfalten, in allen Fällen mit einer, erst nach einer bestimmten Zeit auftretenden, kürzere oder längere Zeit andauernden Immunität der Pflanzen zu rechnen haben. Jene Immunität der Pflanzen würde sich nun in der Weise äußern, daß die zu bekämpfenden Insekten oder auch Milben zunächst abwandern; auch würden diese, sofern sie geeignete Nahrungsquellen nicht finden, zugrunde gehen. Dies wäre besonders dann der Fall, wenn die Tiere nur eine geringe Beweglichkeit besäßen, bzw. wenn größere Pflanzenbestände behandelt würden. Es wäre hier also möglich, unter Anwendung nicht toxisch wirkender Stoffe die Parasiten, wenn auch indirekt, abzutöten. Günstiger würde natürlich der Fall liegen, wenn toxisch wirkende Stoffe zur Verwendung kämen. Zu bedenken wäre hier allerdings, daß, sofern es sich um Formen handelte, die wie die Blutlaus auf bestimmte, jedenfalls aber sehr geringe Veränderungen der Pflanzensäfte reagieren, zweifelsohne ein großer Teil der Schädlinge abwandern würde, bevor es zur Auf-

nahme der tödlich wirkenden Dosis käme. **Bei Anwendung des inneren Heilverfahrens würden also die tierischen Parasiten direkt oder indirekt abgetötet werden, oder sie würden lediglich abwandern und auf andere, unbehandelte Pflanzen übergehen. Da außerdem infolge der Behandlung eine bestimmte Zeit anhaltende Immunität vorläge, wäre, und das ist von größter Bedeutung, die Pflanze gleichzeitig auch für diese Zeit gegen Neubefall geschützt. Bezüglich der pflanzlichen Parasiten ist zu sagen, daß diese durch Einführung wirksamer Stoffe in die Pflanzen vernichtet werden könnten; sie würden infolge der veränderten Lebensbedingungen restlos zugrunde gehen. Auch in diesem Falle wäre ein gleichzeitiger Schutz gegen Neubefall gewährleistet.**

Während nun einerseits in der zu Anfang gegebenen Zusammenstellung solcher Parasiten und Krankheiten der Pflanzen gegen die die Anwendung des inneren Heilverfahrens möglicherweise Erfolg verspricht die fressenden Insekten, wie Käfer und ihre Larven, Raupen von Schmetterlingen, Larven von Blattwespen usw., weil hier die Aussicht einer wirksamen Bekämpfung geringer, unerwähnt blieben, **so gibt es andererseits doch eine Reihe von Fällen, wo allem Anschein nach nur unter Anwendung des inneren Heilverfahrens eine wirksame Bekämpfung möglich ist.** In Betracht kommen hier die als Endoparasiten im Innern der Pflanzen lebenden Larven der Cossiden, Ägeriiden, Buprestiden, Cerambyciden, Curculioniden u. a. m. **Nur durch die Einführung bestimmter Stoffe in die Pflanzen dürften auch zahlreiche Pilzkrankheiten und nicht parasitäre, durch Stoffwechselstörungen usw. hervorgerufene Krankheiten zu heilen sein.** So wird bereits die Gelbsucht der Pflanzen (die Chlorose), wie verschiedentlich erwähnt, auf diesem Wege mit Erfolg bekämpft. Eine prophylaktische Anwendung des Verfahrens kommt hier ebenfalls in Frage.

Weiterhin dürfte das innere Heilverfahren auch da anzuwenden sein, **wo aus rein technischen Gründen eine äußerliche Behandlung der Pflanzen mit Spritz-, Bestäubungs- oder Begasungsmitteln nicht möglich oder mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft ist.** Ich denke hier an die Fälle, wo es gilt, Bestände hoher Bäume oder größere Felder vor bestimmten Schädlingen zu schützen bzw. von solchen zu befreien. Gewiß kann man heute bereits die Sanierung größerer Flächen, gleichgültig ob es sich um Felder oder aus hohen Bäumen bestehende Wälder handelt, vom Flugzeug aus vornehmen. Zu berücksichtigen ist hierbei aber, daß, um die Art der Bekämpfung rentabel zu gestalten, jene Flächen bereits eine ziemliche Ausdehnung haben müssen. Weiterhin richtet sich diese Art der Bekämpfung zunächst lediglich gegen fressende Insekten (Raupen der Nonne, der Forleule usw.). Ob es auf die gleiche Weise möglich ist, mit

Hilfe irgend eines Kontaktmittels beispielsweise auch saugende Insekten (Blattläuse usw.) zu vernichten, steht dahin.

**Fassen wir nun die Ergebnisse jener Betrachtungen zusammen, so steht einwandfrei fest, daß das innere Heilverfahren, sofern es zu einer praktischen Anwendung desselben käme, unter den heute im Pflanzenschutz gebräuchlichen Methoden chemischer Art einen hervorragenden Platz einnehmen würde.**

**Es würde ermöglichen:**

1. **einen eine bestimmte Zeit anhaltenden und zwar vollkommenen Schutz der Pflanzen gegen bestimmte Parasiten und nichtparasitäre Krankheiten (vorbeugende Behandlung);**
2. **eine Befreiung bereits befallener Pflanzen von bestimmten Parasiten und nichtparasitären Krankheiten (direkte Bekämpfung);**
3. **eine Bekämpfung gewisser Endoparasiten und auch nichtparasitärer Krankheiten, gegen welche äußerlich anzuwendende chemische Mittel nicht in Betracht kommen (vorbeugende Behandlung und direkte Bekämpfung);**
4. **einen Schutz solcher Pflanzen oder Pflanzenbestände, bei welchen die äußerliche Anwendung von chemischen Stoffen aus technischen Gründen unmöglich oder zum mindesten mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist.**

---

## V. Schlußwort.

Wenn ich nun durch vorstehende Ausführungen versucht habe, einen Überblick über das für den Pflanzenschutz so wichtige Gebiet der inneren Therapie der Pflanzen zu geben, so war ich mir von vornherein bewußt, daß in Anbetracht der ebenso schwierigen wie komplizierten Materie nur die hauptsächlichsten Fragen würden behandelt werden können, und das Ganze nur mehr eine skizzenhafte Darstellung werden würde. Ein tieferes Eindringen in die bei der Bearbeitung des so interessanten und reizvollen Problems auftauchenden Fragen war ebenfalls ausgeschlossen. Selbst die mitgeteilten eigenen Untersuchungen können, abgesehen von einigen speziellen Versuchen, nur als Tastversuche angesprochen werden. **Um das Gebiet der inneren Therapie der Pflanzen zu erschließen, gilt es vielmehr, eine Anzahl ebenso wichtiger wie schwieriger Aufgaben zu lösen. Dazu bedarf es nun vor allem der Mitarbeit der Zoologen, Botaniker, Chemiker und besonders der Physiologen, die zweckmäßigerweise auch die Zusammenhänge in bezug auf die natürliche Immunität gewisser Rassen bestimmter Pflanzenarten gegen bestimmte Parasiten oder Krankheiten zu studieren hätten. Hier liegt der Angelpunkt des ganzen Problems.** Anfänge einer solchen Versuchstätigkeit liegen ja bereits vor, wie man auch verschiedentlich bestrebt war, durch Beobachtung aller Umstände, die eine vorübergehende Immunität sonst anfälliger Pflanzen bewirken, zur Klärung der Frage beizutragen. Diese Tatsache ist um so erfreulicher als man im allgemeinen dem Problem noch sehr skeptisch gegenübersteht. Möge die vorliegende Schrift jenes Interesse wach erhalten und weitere Kreise zur Mitarbeit anregen.

# VI. Literaturverzeichnis[1]).


Aichholz, H., 1921. Der Apfelmeltau und seine Bekämpfung. Praktischer Ratgeber im Obst- und Gartenbau, Bd. 36, S. 256.

Atti, M. D., 1916/17. L'acidità dei succhi in alcuni vitigni a la loro resistenza alle malattie. Ann. R. Scuola Sup. Agr. Portici. Ser. II, V. 14.

Averna-Sacca, R. 1910, L'acidità dei succhi delle piante in rapporto alla resistanza contro gli attachi dei parasiti. i. Staz. Sper. Agr. Ital. Modena, V. 43.

Ballard, W. S., und Volck, W. H., 1914. Apple powdery mildew an its control in the Pajaro Valley. U. S. Dep. Agr. Bull. 120.

Bastin, S L., 1921. Giving plants medicine. Sci. Am. Missouri 3,62.

Beauverie, J., 1901. Essais d'immunisation des végétaux contre les maladies cryptogamiques. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences T. 131 p 107—110.

Benecke, W., und Jost, L., 1924. Pflanzenphysiologie, Bd. 1 und 2, Fischer, Jena. 1. Bd. Stoffwechsel, W. Benecke. 2. Bd.: Formwechsel und Ortswechsel, L. Jost.

Berlese, A., 1901. Osservazioni circo proposte per allcutanare i parasiti dello piante merce imejiani interorganiche. Rivista de patologia vegetale.

Bickel, F. X., 1914. Österr. Patent.

Bier, A., 1920. Schädlingsbekämpfung durch Bodenpflege. Erfurter Führer im Obst- und Gartenbau, 197, III, 6.

Bolley, H. L., 1903. Artificial feeding of trees. N. Dak. Agric. Exp. Stat. Rep. 14, p. 42—58.

Bolley, H. L., 1904. Tree feeding and tree medication. N. Dak. Agr Coll. and Exper. Stat. p. 55—58.

Bolley, H. L., 1906. Tree feeding 8 th Biennial Report. N. Dak. Agr. Coll. and Exper. Stat. p. 104–105.

Börner, C., 1914. Über reblausanfällige und immune Reben. Biologische Eigenheiten der Lothringer Reblaus. Biologisches Centralblatt, Bd. 34, Nr. 1.

Boucherie, A., 1840. Mémoire sur la conservation des bois. Ann. Chim et phys. 74, S. 113—157.

Boucherie, A., 1841. Nouvelles recherches sur la conservation des bois. Compt. Rend. 12, p. 337—339.

Brick, C., 1919. Die Widerstandsfähigkeit gewisser Sorten unserer Kulturpflanzen gegen Parasiten. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 18, S. 391—394.

Brooks, 1916, Americ. J. of Bot. 9, p. 483.

Brooks, F. T., and Bailey, M. A. Silver-leaf disease (including observations upon the injection of trees with antiseptics) Journ. Pomol. 1. No. 2, p. 81—103, III, 6.

Butler, E. I., 1918, Immunity and disease in plants. Agr. Journ. India, Ind. Sci. Cong. No. 10 - 28.


[1]) In diesem Verzeichnis konnte nur ein kleiner Teil der zahlreichen, das Gebiet der inneren Therapie der Pflanzen betreffenden Arbeiten aufgenommen werden. Aber auch diese konnte ich nicht alle einsehen bzw. Referate erhalten, so daß schließlich nur ein Teil der hier zusammengestellten Schriften in der vorliegenden Arbeit zitiert bzw. verwertet werden konnte.

Calvino, M., 1919. Intra-organic injections for the purpose of increasing the yield of plants. Experiments in Mexico and Cuba. Revista Agric. Cuba p. 287—291. Abstract. Agric. Gaz. Canada 8 p. 242 March. 1921.

Cockerell, T. D. A., 1919. On the absence of insect pests in certain localities and on certain plants. Journ. of Econ. Entom. 12, p. 345—347, II, 5 c.

Coffigniez, J., 1910. L'emploi du sulfate de fer pour combattre la chlorose des arbres fruitiers. Revue Hort. 82, p. 496—497.

Comes, O., 1913. Über die Beziehungen zwischen dem Säuregrad der Getreidesäfte und der Widerstandsfähigkeit gegen Rost. Atti del R. Instituto d'Incoraggiamento di Napoli, Neapel, Bd. 9.

Daniel, L., 1908. La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole, Bordeaux.

Davidson, J., 1923. Biological studies of *Aphis rumicis L.* The Penetration of Plant Tissus and the Source of the Food Supply of Aphis. Ann. App. Biology X. Cambridge

Davidson, J., 1925. Biological studies of *Aphis rumicis L.* Factors affecting the infestation of *Vicia faba* with *Aphis rumicis.* Ann. App. Biology XII. Cambridge.

Deman van, H. E, 1914. Immunity in horticulture. Rural New Yorker 368/401.

Denck, M., 1921. Der Apfelmeltau und seine Bekämpfung. Praktischer Ratgeber Obst- und Gartenbau, Bd. 36, S. 264.

Dewitz, J., 1916/17. Befall verschiedener amerikanischer Rebensorten durch die Reblaus im Jahre 1916. Bericht Geisenheim 1916/17. Beobachtungen aus dem Jahre 1917. Bericht Geisenheim 1916/17.

Dewitz, J., 1918/19. Befall verschiedener Rebensorten durch die Reblaus. Bericht Geisenheim.

Dewitz, J., 1918/19. Kulturergebnis von veredelten Reben in einem verseuchten Weinberg. Bericht Geisenheim.

Dewitz, J., 1921. Befall verschiedener Rebensorten durch die Reblaus. Beobachtungen aus dem Jahre 1918, angestellt in Metz. Landw. Jahrb. Bd. 55.

Dezeani, S, 1911. Atti del II Congresso nazionale di Chimica applicata. Torino 1911.

Dezeani, S., 1913. Über das Verhalten der in die Pflanzen injizierten Blausäure. Arch. farmacol. sperim. (16), S. 539—546.

Elliot, J. A., 1917. The conduction of cyanide of potassium in plants. Phytopathology 7, p. 443—449.

Famintzyn, A. C., 1897. Textbook of Plant Physiology. St. Petersburg.

Fischer, E, 1916. Zur Frage der Vererbung der Empfänglichkeit von Pflanzen für parasitische Pilze. Mykol. Beitr. 8. Mitt. Naturf. Ges. Bern, p. 144—156.

Fischer, E., 1919. Angewandte Botanik I, S. 138.

Fitting, 1915. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik 56, 1.

Fitting, 1917. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik 57, 553.

Fitting, 1919. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik 59, 1.

Flint, W. P., 1915. The effect of cyanide of potassium on the locust borer and the locust tree. Science n. ser. 41, 726.

Fron, G., 1909. Etude de l'alimentation extraracinaire des arbres fruitiers. Journ. Soc. Nat. Hort. France IV, 10, p. 54—59.

Gandichand, 1836. Observations l'ascension de la sève dans une liane. Annales des sci. naturelle, 1836.

Gandichand, 1841. Note à communication de M. Boucherie. Comptes rendus 12, 372.

Gardner, Max W. und Kendrick, James B., 1921. Sojabean mosaic. Journ. Agric. Res. Vol. 22.

Gaunersdorffer, J., 1887. Das Verhalten der Pflanzen bei Vergiftungen, speziell durch Lithiumsalz. Landw. Versuchsstation 34, S. 171—206.

Goff, E. S., 1897. The application of artificial root pressure on recently transplanted trees. Ann. Rep. Wisconsin Agr. Exp. Sta. Report 14, p. 272—282.

Goppelsroeder, F., 1889. Über Kapillaranalyse und ihre verschiedenen Anwendungen sowie über das Emporsteigen der Farbstoffe in den Pflanzen. Wiener Mitteilungen, Sektion für chemisches Gewerbe des k. k. Technologischen Gewerbemuseums.

Gortner, R. A., 1919. The biochemistry of resistance to disease in plants. Minnesota Sta. Rpt.

Graebner, P., 1920. Lehrbuch der nichtparasitären Pflanzenkrankheiten. Verlag Parey, Berlin.

Green. Indian Museum Notes, Calcutta 1, 120.

Groß, J., 1921. Der Meltau beim Apfelbaum. Praktischer Ratgeber im Obst- und Gartenbau, Bd. 36, S. 335.

Hales, 1748. Vegetable Statics.

Hauri, H., 1922. Die Injektion von Kulturpflanzen. Schweizerische Chemische Zeitschrift, Naturwissenschaftliche Rundschau, Heft 15, S. 198—199.

Hiltner, E., 1924. Zur Bekämpfung der Dörrfleckenkrankheit des Hafers. Landwirtschaftliche Jahrbücher.

Hiltner, E. und Kronberger, M., 1924. Die Ernährung der Pflanze. Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Nr. 9 und 10.

Hiltner, L., 1909. Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, S. 19, 29 und 65.

Höber, R., 1922. Physikalische Chemie der Zelle und ihrer Gewebe. Verlag Engelmann, Leipzig.

Höfler, 1918. Bericht der Botanischen Gesellschaft 36, 414 und 423.

Hollrung, M., 1914. Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. Verlag Parey, Berlin.

Hollrung, M., 1917. Jahresbericht über das Gebiet der Pflanzenkrankheiten. Verlag Parey, Berlin.

Hollrung, M., 1922. Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. Verlag Parey, Berlin.

d'Ippolito, G., 1919. Sulla immunità delle piante ad alkaloide per i propri veleni. Stat. speriment. Agr. ital. B. 46, p. 393—414.

Jakuschkin, O. W. und Vavilov, N., 1912. Die anatomische Untersuchung einiger Haferrassen mit Rücksicht auf die Beziehungen zwischen dem anatomischen Bau und den physiologischen Eigenschaften der Pflanzen. Journal für Landwirtschaft, Petersburg, Bd. 13, S. 830—861 (Russisch) vergl. Hollrung.

Janisch, E., 1924. Das Problem der Giftwirkung in der Pflanzenschutzforschung, Centralblatt für Bakt., II. Abt., Bd. 61, H. 1/4.

Jordi, E., 1906. Arbeiten der Auskunftsstelle für Pflanzenschutz an der Landw. Schule Rütti. Jahresbericht, Landw. Schule Rütti 1905/06, Jahresbericht, Pflanzenkrankheiten, Bd. 9, S. 245.

Jost, L., 1917. Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Verlag Fischer, Jena.

Keck, A., 1921. Veredlungsverfahren zum Schutze der Weinkultur gegen Reblaus. Österr. Patentblatt 15. 2. 22, Anmerkung 988 vom 21. 2. 21.

von Kirchner, O., 1912. Bericht über die Tätigkeit der Kgl. Anstalt für Pflanzenschutz in Hohenheim im Jahre 1912. Sonderabdr. Wochenbl. für Landwirtschaft 1913, Nr. 29.

von Kirchner, O., 1916. Disposition der Pflanzen für ansteckende Krankheiten. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 72. Stuttgart, S. 23—32.

von Kirchner, O., 1916. Über die verschiedene Empfänglichkeit der Weizenarten für die Steinbrandkrankheit. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, 26. Bd., H. 1.

von Kirchner, O., 1921. Grundlagen der Immunitätszüchtung. Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, 632.

Klugh, A. B., 1920. Nature's Diary; administering medicine to trees. Farmers Advocate 55, 2216.

Kraus, P. X., 1921. Zur Bekämpfung des Apfelmeltaus. Erfurter Führer Obst- und Gartenbau, Bd. 22, S. 2.

Köck, G., 1924. Die Rolle der Immunitätszüchtung im modernen Pflanzenschutz. Wiener landwirtschaftliche Zeitung 74, S. 271—272, 280—281.

Kotte, W., 1924. Laboratoriumsversuche zur Chemotherapie der *Peronospora*-Krankheit (Mitt. Nr. 75 des Bad. Weinbauinstituts) Weinbau und Kellerwirtschaft H. 1.

Laurent, E., 1899. Recherches expérimentales sur les maladies des plantes. Ann. de l'Institut Pasteur T. 13, p. 1.

Laurent, E., 1911. Les conditions physiques de la résistance de la vigne au mildew. Comptes Rend. Ac. Paris v. 152.

Lepeschkin, 1908. Bericht der deutschen botanischen Gesellschaft 26a, 198.

Lepeschkin, 1909. Bericht der deutschen botanischen Gesellschaft 27, 129.

Loew, O., 1924. Blattläuse und Düngung. Ernährung der Pflanze. 20. Jahrg., S. 25.

Losch, 1921. Eine Beobachtung über Meltaubefall und seine örtliche Lage. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, Bd. 31, S. 22.

Magnus, 1891. Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Pilzbefall in ihren verschiedenen Wachstumszuständen. Bericht der Deutschen Botanischen Gesellschaft IX.

Mangin, L., 1898. Sur la nutrition et la defense de la vigne par injection. Journ. Agr. Prat. 2, p. 918—920.

Massee, G., 1903. On a method for rendering cucumber and tomato plants immune against fungus parasites. Journ. R. Hort. Soc., V. 28, p. 142.

Meinke, 1924. Erfolgreiche Bekämpfung der Gelbsucht mit Eisenvitriol. Weinbau und Kellerwirtschaft, 16. Oktober 1924.

Meyer, 1808. Naturgeschichtliche Darstellung der Entwicklung, Ausbildung und des Wachstums der Pflanzen und der Bewegung und Funktion ihrer Säfte. Leipzig 1808.

Mokrzecki, S. A., 1893[1]). Records of the Botanical Division of St. Petersburg. Imperial Soc. of Naturalists Conference.

Mokrzecki, S. A., 1902. Bericht über die Tätigkeit des Gouvernementsentomologen des Taurischen Zemstwo für 1902 Krim. Simferopol.

Mokrzecki, S. A., 1903. Über eine neue Methode der Heilung und der Ernährung der Bäume (Vortrag). Derselbe befindet sich in den Protokollen der Sitzungen der Naturforschenden Gesellschaft in St. Petersburg. Eine deutsche Zusammenfassung ist hier beigefügt.

Mokrzecki, S. A., 1903, Über die innere Therapie der Pflanzen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. Bd. XIII, S. 257—265.

Mokrzecki, S. A., 1903—04. Über die neue Methode der Heilung und der Ernährung der Bäume. Vorläufige Mitteilung, vgl. Bericht über die Tätigkeit des Gouvernementsentomologen des Taurischen Zemstwo für das Jahr 1903. Simferopol Jahrg. XI. (Referat siehe Dubois „emploi d'injections nutritives et curatives dans le traitement des maladies des plantes". Chronique horticulture vom 1. Mai 1905, S. 211—14).

Mokrzecki, S. A., 1904. Zur Frage der außerwurzeligen Ernährung (Antwort auf die Abhandlung Tschewyreff's [Shewirjeffs]). Zemledeltscheskaja Gazeta 9—13. Sonderabdruck. St. Petersburg.

Mokrzecki, S. A., 1904. A cure for chlorosis. The Gardners Chronicle, Januar 16 th.

Mokrzecki, S. A., 1905. Selbstgericht in der Wissenschaft. Eine Antwort in bezug auf die Priorität in der Frage der inneren Therapie der Pflanzen.

---

[1]) Da mir diese, wie auch eine Reihe anderer russischer Schriften im Original nicht vorlagen, habe ich mich hier an die in englischer Sprache abgefaßten Zitate des Herrn Voge gehalten. Herr Professor Mokrzecki hat mir kurz vor Abschluß ein kleines Literaturverzeichnis in deutscher Sprache übersandt, welches hier eingefügt wurde.

Mokrzecki, S. A., 1905. Über die innere Therapie und außerwurzelige Ernährung der Pflanzen. Hozjain, Moskau Referat des Professor Ivanoff in der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten 1905.

Mokrzecki, S. A., 1910. Neue Erforschung über die außerwurzelige Ernährung. Vortrag in der Pflanzenbiologischen Sektion des XII. Kongresses der Russischen Naturforscher und Ärzte in Moskau. Dniewnik (Tagebuch) des Kongresses 10.

Molisch, H., 1923. Mikrochemie der Pflanze. Verlag Fischer, Jena.

Moore, W. and Ruggles, A. G., 1915. The action of cyanide of potassium when introduced into tissues of a plant. Science n. ser. 42, p. 33—36.

Morgenthaler, 1910. Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Pilzbefall in ihren verschiedenen Wachstumszuständen. Centralblatt für Bakteriologie, Abt. II, Bd. XXVII, 1910, S. 73.

Morstatt, H., 1921. Bibliographie der Pflanzenschutz-Literatur, Berlin (Parey und Springer).

Morstatt, H., 1923. Bibliographie der Pflanzenschutz-Literatur, Jahrgang 1921, Berlin (Parey und Springer).

Müller, A., 1924. Zur inneren Therapie der Pflanzen. Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie. E. V. auf der vierten Mitgliederversammlung zu Frankfurt am Main.

Müller, K., 1922. Rebschädlinge und ihre neuzeitliche Bekämpfung.

Müller, K., 1924. Artikel zur Behandlung der Chlorose an Reben. Weinbau und Kellerwirtschaft. Heft 24.

Müller, K. und von Wahl, C., 1913. Bericht der Hauptsammelstelle für Pflanzenschutz in Baden an der Großherzoglichen Landw. Versuchsanstalt Augustenburg für das Jahr 1912, Stuttgart (Eug. Ulmer) 1913.

Mc Nab, W. R., 1871. Experiments on the transpirations of watery fluids by leaves. Trans. Bot. Soc. Edinburg II, p. 45—65.

Mc Nab, W. R., 1874—75. Experiments on the movements of water in plants. Trans. Roy. Irish Acad. 25 p. 343—71, 567—79.

Nathanson, 1902—1904. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, 39, 607.

Neger, F. W., 1915. Der Eichenmeltau. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft, XIII, S. 9.

Newton Harvey, 1911. Journ. of Exper. Zool. 10, 507.

Newton Harvey, 1913. Americ. Journ. of physiol. 31, 335.

Ordnung, H., 1913. Immune Pflanzen. Mitt. Dendrol. Gesellschaft.

Orton, W. A., 1918. Breeding for disease resistance in plants. Americ. Journ. Bot. 5, p. 279—283.

Otto, A., 1913. Zur Bekämpfung des Apfelstechers. Deutsche Obstbauzeitung, 59. Jahrgang, S. 244.

Overton, E., 1895. Vierteljahrsschrift d. Naturf. Ges., Zürich 40, 1.

Overton, E., 1906. Über die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxikologie und Pharmakologie.

Overton, E., 1899. Vierteljahrsschrift d. Naturf. Ges., Zürich.

Overton, E., 1900. Jahrb. wissenschaftl. Botanik, 34.

Pachassky, J. K., 1903. Ennemies of agriculture in the province of Cherson. Report of the Governmental Entomologist for 1903.

Paillot, A., 1921. Influence de la temperature sur le méchanisme de l'immunité chez les insects. Comptes rend. soc. Biol. 134, p. 737—739.

Palladin, 1898. Pflanzenphysiologie. 3. Ausgabe. Warschau.

Patschovsky, N., 1920. Zur Biologie und Physiologie der Schutzstoffe höherer Pflanzen. Naturwissenschaftliche Wochenschrift N. F. 19, S. 497—506.

Pethybridge, G. H., 1913. Investigations on potato diseases. IV. Report, Journ. Dep. Agric. and tech. Instr. Ireland V. 13.

Pfeffer, W., 1885. Über die Aufnahme von Anilinfarben durch lebende Zellen. Unters. Bot. Inst. Tübingen 2, S. 179—332.

Pfeffer, W., 1897. Pflanzenphysiologie, I. Bd., Stoffwechsel, Leipzig.

Pfeffer, W., 1904. Pflanzenphysiologie, II. Bd., Kraftwechsel, Leipzig.

Pfitzer, E., 1878. Über die Geschwindigkeit der Wasserströmung in der Pflanze. Jahrbuch der wissenschaftlichen Botanik II, S. 177—217.

Pichi, 1871. Nuove giornale bot. ital., Bd. 23.

Poulet, 1874. Traite de la conservation de bois. Paris 1874.

Poulet, 1922. Versuche zur Feststellung des Blattlausbefalls an Obstbäumen. Einfluß der Bewässerung und Entwässerung. Mitteilungen des Agricultural Research Institute in Pusa. Referat im Nachrichtenbl. f. d. deutschen Pflanzenschutzdienst, 1. April 1922.

Rankin, W. H., 1917. The penetration of foreign substances introduced into trees. Phytopathology 7, 5—14.

Rasch, W., 1922. Wege und Ziele der Schädlingsbekämpfung. Angewandte Botanik, Bd. IV, H. 3, S. 116.

Rasser, E. O., 1922. Eine neue Art der Holzimitation. Zeitschrift für Kunststoffe, S. 65—66.

Rathbun, A. E, 1921. Method of direct inoculation with dampin-off jungi. Phytopathology 11, p. 80—84.

Ray, J., 1901. Cultures et formes atténuées des maladies cryptogamiques des végétaux. Comptes Rend. T. 131, p. 307—309.

Raybaud, L., 1921. Sur l'emploi comme insecticide de ferrocyanure de potassium cristallisé inclus dans les végétaux. Comptes Rend. (85) 33, p. 935-937.

Rebholz, F., 1921. Apfelmeltau und seine Bekämpfung. Praktischer Ratgeber für Obst- und Gartenbau, Bd. 36.

Reimann, O., 1925. Einrichtung zum Anbohren der Stämme lebender Bäume behufs Einführung von Farbstoff in dieselben. Schweiz. Patent Nr. 108536, Kl. 80h (Deutsches Patent 1923).

Rippel, A., 1921. Entwicklungs- und Ernährungszustand der Pflanzen in ihren Beziehungen zum Auftreten von parasitären Pflanzenkrankheiten. Fühlings Landw. Zeitung, Centralblatt für praktische Landwirtschaft, S. 428—435.

Rivera, V., 1913. Primo contributo allo studio della reattività della quercia per l'oidio. Atti d. R. Acad. Linn. 5. Reihe, Bd. XXII, 2. Halbj, p. 168—173.

Rivera, V., 1915. Mem R. Staz. Patolog. veget. Roma.

Roth, C., 1896. Eine Methode der künstlichen Baumernährung. Chemiker-Zeitung 20.

Ruhland, 1912. Jahrb. wissenschaftl. Botanik 51, S 376.

Ruhland, 1913. Biologisches Centralblatt.

Ruhland, 1914. Jahrb. wissenschaftl. Botanik 54, S. 391.

Rumbold, C., 1913 Report of the physiologist. Report of the Pennsylvania Chestnut Tree Blight Commission, Harrisburg. Juli 1st to December 31st, 1912, p. 45—47 figs. 39—42, 1913.

Rumbold, C., 1914. A summers record of evaporation an precipitation in Lancaster county, Pennsylvania. Pl. World 17, p. 213—215.

Rumbold, C., 1915. Methods of injecting trees. Phytopathology 5, p 225—229.

Rumbold, C., 1920. Effect of chestnuts of substances injected into their trunks. American Journal of Botany Vol. 7, p. 45—56.

Rumbold, C., 1920. The injection of chemicals into chestnut trees. American Journal of Botany Vol. 7 p. 1—20

Sabalitschka, Th. Über die Fähigkeit der grünen Pflanzen, Formaldehyd im Dunkeln zu fixieren und polymerisieren. Ein Beitrag zur Kenntnis der pflanzenlichen Kohlenstoffassimilation. Referat in Zeitschrift für angewandte Chemie 5. 2. 22.

Sachs, J., 1878. Ein Beitrag zur Kenntnis des aufsteigenden Saftstroms in transpirierenden Pflanzen. Arbeiten des Botanischen Instituts Würzburg 2, S. 148—184.

Sachs, J., 1875. Geschichte der Botanik, Müchen.

Salmon, E. S., 1904—05. Cultural experiments with the barley mildew, *Erysiphe graminis* DC. Annales mycologici Vol. 2, p. 70.

Salmon, E. S., 1921. On forms of the hop resistant to mildew. Ann. Appl. Biol. Vol 8.

Sanford, F. 1914. An experiment on killing tree scale by poisoning the sap of the trees. Science n. ser. 40 p. 419—420.

Sanford, F. 1915. In regard to the poisoning of trees by potassic cyanide. Science 41, p. 213.

Schaffnit, E., 1912. Der Schneeschimmel und die übrigen durch *Fusarium nivale* Ces. hervorgerufenen Krankheitserscheinungen des Getreides. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Bd. 43, S. 521.

Schaffnit, E. und Böning, K., 1925. Die Brennfleckenkrankheit der Bohnen. Eine monographische Studie auf biologischer Grundlage. Centralbl. f. Bakt. II. Abt. 10. 2. 25.

Scharnagel, 1924. Pflanzenkrankheits- und Schädlingsbekämpfung durch Zucht- und Sortenwahl. Ill. Landwirtschaftliche Zeitung Nr. 32 S. 345.

Schipper, 1921. Der Apfelmehltau und seine Bekämpfung. Praktischer Ratgeber im Obst- und Gartenbau, Bd. 36.

Schmidt, E. W., 1922. Über die Voraussetzungen zu einer erfolgreichen Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten XXXII. Bd. H. 7—8.

Schneider, Ph., 1921. Vorrichtung zur Einführung von die Entwicklung von Pflanzen fördernden Stoffen in weiche saftführende Pflanzenteile. D. Anm. Sch. 62471 v. 28. 7. 21.

Schwartz, G., 1897. Wirkungen von Alkaloiden auf Pflanzen. Dissertation Erlangen.

Seeliger, R., 1920. Über einige physiologische Wirkungen des Osmiumtetroxyds. Bericht der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Heft 4, 38. Jahrgang S. 179.

Seitz, H. Über die Wirkung von Fluorwasserstoff und Fluorsilicium auf die lebende Pflanze. Tharandter Forstliches Jahrbuch 72. Bd. S. 1.

Sempert, G., 1921. Der Apfelmeltau und seine Bekämpfung. Praktischer Ratgeber für Obst- und Gartenbau, Bd. 36.

Sessous, 1921. Die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten durch züchterische Maßnahmen. Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, S. 632—633.

Shattuck, C. H., 1915. Effect of cyanide of potassium on trees. Science n. ser. 41, p. 324.

Shewirjeff, J., 1894. Extraradicate nutrition of diseased trees. The remedies for destruction of their parasites. Records of the Botanical Division of St. Petersburg. Imperial Society of Naturalists Conference of February 16th 1894. Translation by U. S. Forest Service. Dep. of Agric. Washington.

Shewirjeff, J., 1900. Supplement to „Extraradicate nutrition of diseased trees". Reprint from the Agricultural Gazette Nr. 3, 4, 5 und 6. St. Petersburg.

Shewirjeff, J., 1900. A general review on the life history of harmful insects and methods of their control. St. Petersburg. Erikson's edit., p. 58—60.

Shewirjeff, J., 1900. Useful and harmful animals (especially insects) in the agriculture. St. Petersburg.

Shewirjeff, J., 1903. Intraradical nutrition of diseased trees. Selsk. Kohoz. i. Lyesov 209, p. 58—103.

Simon, J. A., 1906. Recherches sur l'alimentation artificielle des plantes. Journ. Soc. Nat. Hort. France IV. 7, p. 678—686.

Simon, J. M., Hypodermic injections in plants. Journ. Soc. Nat. d'Hortic. de France. Exp. St. Rec. T. 18, p. 636.

Speyer, W., 1924. Über die Blutlausanfälligkeit von Apfelsorten. Angewandte Botanik Bd. VI, H. 2.

Spinks, G. T., 1913. Factors affecting susceptibility to disease in plants. Part I. The Journal of Agricultural Science, 5. Jahrgang.

Steffen, A., 1921. Der Meltaupilz am Apfel. Prakt. Ratg. im Obst- u. Gartenb. Bd. 36.

Stellwaag, F., 1924. Die Grundlagen für den Anbau widerstandsfähiger Unterlagsreben zur Immunisierung verseuchter Gebiete. Gutachten im Auftrage des Herrn Reichsministers für Ernährung und Landwirtschaft. Monographien zur angewandten Entomologie Nr. 7.

Straßburger, E., 1891. Über den Bau und Vorrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen, S. 551, 555, 566. Jena.

Straßburger, E., 1923. Das botanische Praktikum. Verlag Fischer, Jena.

Straßburger, E., Noll, Schenck und Karsten, 1917. Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Jena.

Stutzer, A., 1917. Beziehungen zwischen Reaktion des Bodens, dem Auftreten von Pflanzenkrankheiten und der Entwicklung gewisser Pflanzen. Fühlings Landwirtschaftliche Zeitung, Bd. 66, S. 130.

Surface, H. A., 1914. Cyanide of potassium in trees. Science n. ser. 40.

Szücs, J., 1913. Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der antagonistischen Ionenwirkungen. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik H. 1.

Thalau, W., 1913. Die Einwirkung von im Boden befindlichen Sulfiten, von Thiosulfat und Schwefel auf das Wachstum der Pflanzen. Landwirtschaftliche Versuchsstation Bd. 82, S. 162—209.

Tischler, 1911. In Flora N. F. IV, p. 1.

Trägårdh, J., 1913. Undersökningar öfver rönnbärsmalen (*Argyresthia conjugella* Zell.) år 1910 och 1911. Uppsatser i. praktisk Entomologi, Bd. 22. Mit Zusammenfassung in deutsch.

Treherne, R. C., 1917. The natural immunity or resistance of plants to insect attack. Agric. Gaz. Canada 4, p 855—859.

Tröndle, 1910. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik 48, 175.

Tschermak, E., 1896. Über die Bahnen von Farbstoff- und Salzlösungen. Inauguraldissertation.

Vatschel, E. F., 1903. Movment of the sap in the plants. Moscow 1897. St. Petersburg 1903.

Vavilov, N. J., 1913. Widerstandsfähigkeit des Getreides gegen parasitäre Pilze. Arbeiten der Versuchsstation für Pflanzenzüchtung am Moskauer Landwirtschaftlichen Institut, Bd. I, S. 1—108.

Vavilov, N. J., 1913. Der gegenwärtige Stand der Frage nach der Immunität der Getreide gegen Pilzkrankheiten (Ibid.).

Vavilov, N. J., 1913. Beiträge zur Frage über die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Getreide gegen parasitische Pilze (Ibid.).

Vavilov, N. J., 1918. Immunity of plants to infectious diseases. Ann. de l'Academie agron. Petrovskoé, II, 1—4.

Voges, E., 1913. Zur Geschichte und Entstehung des Obstbaumkrebses. Centralbl. für Bakt. II. Abt, Bd. 39.

Voglino, P., 1905. Contributione alla studio della *Phyllactinia corylea.* Nuovo Giorn. Bot. Ital., v. 12, p. 313; Botanischer Jahresbericht I, 1905, p. 243, und II, 1906, p. 438.

de Vries, 1884. Methode zur Analyse der Turgorkraft. Jahrbuch der wissenschaftlichen Botanik 14, S. 427.

Wagner, R., 1916. Wasserstoffionenkonzentration und natürliche Immunität der Pflanzen. Centralbl. für Bakt. II. Abt. S. 708.

Wellhouse, W., 1916. Results of experiments on the use of cyanide of potassium as an insecticide. Journ. of Econ. Ent. IX., 1916, p. 169—171. Referat in der Zeitschrift für angewandte Entomologie, Bd. V., 1918, S. 327.

Wieler, A., 1888. Über den Anteil des sekundären Holzes der dikotylen Gewächse an der Saftleitung und über die Bedeutung der Anastomosen für die Wasserversorgung der transpirierenden Flächen. Betreffend u. a. die Aufnahme von Methylenblau und Fuchsin durch die Wurzeln lebender Pflanzen. Jahrb. wiss. Botanik.

Wiesner, 1875. Untersuchungen über die Bewegung des Imbibitionswassers im Holze und in der Membran der Pflanzenzelle. Sitzungsbericht der Wiener Akademie LXXII.

Willaman, J. J., und Sandström, W. M., 1922. Biochemistry of plant diseases. III. Effects of *Sclerotina cinerea* on plumbs. Bot. Gazette, v. 73, p. 287—307.

Wöber, A., 1920. Die fungizide Wirkung der verschiedenen Metalle gegen *Plasmopara viticola* Berl. et de Toni und ihre Stellung im periodischen Systeme der Elemente.

Wüthrich, 1892. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (von Hollrung 1914 zitiert).

Zimmermann, A., 1924. Sammelreferate über die Beziehungen zwischen Parasit und Wirtspflanze. Centralbl. f. Bakt., II. Abt., 63. Bd., Nr. 1 8.

Zorn, R., 1921. Der Apfelmeltau und seine Bekämpfung. Praktischer Ratgeber für Obst- und Gartenbau, Bd. 36.

Zweigelt, F., 1915. Beiträge zur Kenntnis des Saugphänomens der Blattläuse und der Reaktionen der Pflanzenzellen. Centralbl. f. Bakt., II. Abt., 42 Bd., S. 265—335.